

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-248765

(43)Date of publication of application : 03.09.2002

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

(21)Application number : 2001-299781

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 28.09.2001

(72)Inventor : NAKAMURA HIROFUMI  
OKUDA SHINICHI  
OTSUKA YASUHIRO

(30)Priority

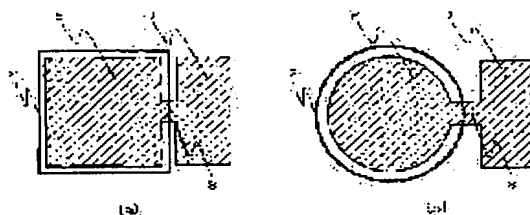
Priority number : 2000385653 Priority date : 19.12.2000 Priority country : JP

## (54) INK-JET RECORDING HEAD AND INK-JET RECORDING APPARATUS

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ink-jet recording head having a higher driving efficiency by reducing the flexible deformation constraint of a driving part by an electrode pad part while taking advantage of the high driving efficiency by using a pressure chamber having a planar shape and an aspect ratio substantially equal to one.

**SOLUTION:** This head comprises a plurality of nozzles for ejecting ink droplets, pressure chambers having at least one surface of the wall surface formed as a vibrating plate, communicating with each nozzle, provided independently, actuators each bonded with the vibrating plates, and an ink supply source for supplying an ink to the pressure chambers via a supply path. Each of the pressure chamber has a planar shape and an aspect ratio substantially equal to one. The actuators comprise a driving part provided in an area corresponding to the pressure chambers so as to be flexible deformed with the vibrating plates at the time of application of a driving signal, an electrode pad part provided in an area corresponding to the side wall of the pressure chambers for electric connection with a driving signal source, and a bridge part for connecting the driving part and the electrode pad part, with the width size of the bridge part in the connection area part to the driving part is made smaller than the width size of the



connection side part of the driving part.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	28.09.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	24.09.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2003-20649
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	24.10.2003
[Date of extinction of right]	

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is open for free passage for two or more nozzle and said each nozzle for carrying out the regurgitation of the ink droplet, and is arranged separately. The pressure room of a wall surface in which the whole surface was formed as a diaphragm at least, It has the actuator joined to said diaphragm, respectively, and the ink source of supply which supplies ink to said pressure room through a supply way. The mechanical component which said actuator is arranged in the field equivalent to said pressure room, and bends and deforms with said diaphragm at the time of driving signal impression, The electrode pad section which is arranged in the field equivalent to the side attachment wall of said pressure room, and performs electrical connection with the source of a driving signal, It is the ink jet type recording head which the bridge section which connects said mechanical component and said electrode pad section comes to constitute. It is the ink jet type recording head to which it has the flat-surface configuration where the aspect ratio of said pressure room is equal to abbreviation 1, and is characterized by said bridge section having a width method smaller than the width method of connection \*\*\*\* of said mechanical component in the connection field section to said mechanical component.

[Claim 2] The ink jet type recording head according to claim 1 whose flat-surface configuration of said pressure room is an approximate circle form.

[Claim 3] The ink jet type recording head according to claim 1 whose flat-surface configuration of said pressure room is an abbreviation regular polygon.

[Claim 4] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-3 to which the width method in the connection field section to said mechanical component of said bridge section is characterized by being 1/2 or less [ of the width method of connection \*\*\*\* of said mechanical component ].

[Claim 5] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-4 characterized by connecting said one or more bridge sections with said mechanical component in a part [ / near / small / the part of deflection deformation of said diaphragm ].

[Claim 6] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-5 which the flat-surface configuration of said pressure room is an abbreviation regular polygon, and are characterized by connecting said one or more bridge sections with said mechanical component in the part distant from the core of the connection field side of said mechanical component.

[Claim 7] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-6 which the flat-surface configuration of said pressure room is an abbreviation regular polygon, and are characterized by connecting said one or more bridge sections with said mechanical component in a part [ / near the flat-surface configuration top-most vertices of said pressure room ].

[Claim 8] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-7 characterized by forming the edge of the connection field section with said mechanical component of said bridge section in a curve.

[Claim 9] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-8 characterized by arranging said mechanical component only in the field equivalent to said pressure room.

[Claim 10] When it is an ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-9 and width of face of the flat-surface configuration of  $W_p$  and said pressure room is set [ the amount of location gaps of the center position of said pressure room, and the center position of said mechanical component ] to  $W_c$  for the width of face of delta and the flat-surface configuration of said mechanical component,  $W_p$  is  $W_p \leq W_c - 2\delta$  or  $W_c + 2$ . Ink jet type recording head characterized by making it the range of  $\delta \leq W_p$ .

[Claim 11] Said  $W_p$  is  $x(W_c - 2\delta) \cdot 0.9 \leq W_p \leq W_c - 2$ . Ink jet type recording head according to claim

10 characterized by being in the range of delta.

[Claim 12] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-11 characterized by arranging two or more nozzles two-dimensional.

[Claim 13] The ink jet type recording head according to claim 12 to which two or more nozzles arranged at fixed spacing at the single tier are characterized by carrying out two or more trains arrangement.

[Claim 14] It is the ink jet type recording head according to claim 13 to which N train arrangement of said nozzle arranged at fixed spacing at the single tier in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the scanning direction of an ink jet type recording head is carried out in the abbreviation scanning direction, and, as for each nozzle train, the nozzle train of the following train is characterized by the thing of said fixed spacing which it shifts one by one in the direction of a train, and is arranged in it every  $[N / 1]$ .

[Claim 15] The ink jet type recording head according to claim 14 characterized by arranging said nozzle train at equal intervals, and being arranged so that each nozzle may serve as a parallelogram grid intersection location.

[Claim 16] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-15 characterized by arranging the wiring substrate containing a signal line so that said actuator may be covered, and electrical connection being carried out through a bump in said electrode pad section and said wiring substrate.

[Claim 17] The ink jet type recording head according to claim 16 characterized by said bump consisting of jointing materials for corrugated fibreboard covered in the periphery section of conductive core material and this core material.

[Claim 18] The ink jet type recording head according to claim 17 to which said core material is characterized by being formed in the shape of a semi-sphere.

[Claim 19] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 16-18 to which said wiring substrate is characterized by being constituted including a resin base material at least.

[Claim 20] Said actuator is an ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-19 which are the electrostrictive actuators which said mechanical component becomes by the piezoelectric device.

[Claim 21] The ink jet type recording head according to claim 20 characterized by manufacturing said electrostrictive actuator with the application of the sandblasting method.

[Claim 22] The ink jet type recording head according to claim 21 characterized by forming a dummy pattern in the rim section so that the electrostrictive actuator field where it comes to carry out two or more arrays of said electrostrictive actuator may be surrounded.

[Claim 23] The ink jet type recording head according to claim 21 characterized by forming a dummy pattern between [ each ] said electrostrictive actuators in the interior of said electrostrictive actuator field.

[Claim 24] The ink jet type recording head according to claim 22 characterized by forming a dummy pattern also between [ each ] said electrostrictive actuators in the interior of said electrostrictive actuator field.

[Claim 25] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 22-24 characterized by making into abbreviation identitas all width of face of the slot which separates the dummy pattern which adjoins said electrostrictive actuator and it.

[Claim 26] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 1-25 characterized by setting said Wc value as 300-700 micrometers.

[Claim 27] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 20-26 characterized by the quality of the material of said electrostrictive actuator being the titanite-acid lead zirconate system ceramics.

[Claim 28] An ink jet type recording head given in any 1 term of claims 20-27 characterized by setting the thickness of said electrostrictive actuator as 15-40 micrometers.

[Claim 29] The manufacture approach of the ink jet type recording head which is the manufacture approach of manufacturing the ink jet type recording head of a publication in any 1 term of claims 1-28, and is characterized by processing said electrostrictive actuator by the sandblasting method.

[Claim 30] The ink jet type recording device characterized by carrying and constituting the ink jet type recording head of a publication in any 1 term of claims 1-28.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ink jet type recording device using the ink jet type recording head and this which perform record of an alphabetic character or an image by the ink droplet which carries out the regurgitation.

[0002]

[Description of the Prior Art] An ink jet type recording head makes a main scanning direction carry out both-way migration of the head, making coincidence transport a record form etc. in the direction of vertical scanning which intersects perpendicularly with a main scanning direction, it is making an ink droplet breathe out alternatively from two or more nozzles, makes an ink droplet adhere to a record form etc., and prints an alphabetic character and an image. Drawing 19 -21 are drawing showing the configuration of the general ink jet type recording head in the conventional technique. A sectional view [ drawing 20 / drawing 19 concerning a decomposition perspective view / near the one pressure room ] and drawing 21 are the flat-surface perspective drawing of the principal part (an electrostrictive actuator and pressure room) further. As drawing 19 and drawing 20 show, an ink jet type recording head carries out the laminating of a nozzle plate 21, the supply way plate 22, the pressure room plate 23, and the diaphragm 4 one by one, and is constituted. By these plates and diaphragms, the supply way 11, the pressure room 2, and the ink passage that results in a nozzle 1 are formed from the ink pool 10.

[0003] Specifically, two or more nozzles 1 an ink droplet carries out [ nozzles ] the regurgitation to a nozzle plate 21 are penetrated and formed at the single tier. The supply way 11 which connects the pressure room 2 and the ink pool 10 with the supply way plate 22, and the free passage hole 12 which connects a nozzle 1 with the pressure room 2 are penetrated and formed, respectively. the ink pool 10 single on the pressure room plate 23, and a nozzle 1 -- it is alike, respectively, and the corresponding pressure room 2 is penetrated and formed. a diaphragm 4 -- the pressure room 2 -- it is alike, respectively, and it corresponds and the electrostrictive actuator 5 is joined through electroconductive glue. An electrode layer is prepared in both sides of each electrostrictive actuator 5, and the electrode layer by the side of a free surface functions as an individual electrode 9. The diaphragm 4 which consists of a metallic material serves as the common electrode of each electrostrictive actuator 5.

[0004] As shown in drawing 20 drawing 21 , an electrostrictive actuator 5 is formed in tabular [ of constant width ], and consists of a mechanical component 6 and the electrode pad section 7. A mechanical component 6 is located in the field corresponding to the pressure room 2, and the electrode pad section 7 is located in the field corresponding to the side attachment wall 3 of a pressure room.

[0005] Electrical connection (not shown) from the external drive circuit section to the individual electrode 9 is performed in the electrode pad section 7. If the potential difference is impressed as a driving signal between the two electrodes (the individual electrode 9 and diaphragm 4) of an electrostrictive actuator 5, the mechanical component 6 of an electrostrictive actuator 5 and the diaphragm 4 of the field corresponding to it will bend and deform into one, the ink in the pressure room 2 will be compressed, and an ink droplet will carry out the regurgitation from a nozzle 1. In addition, the volume of the ink droplet which carries out the regurgitation also becomes possible [ enlarging ], so that deflection deformation is large. A supplement of ink after carrying out the regurgitation is performed by being re-filled up from the ink pool 10 to the pressure room 2 via the supply way 11.

[0006] Thus, the advantage by forming the electrode pad section 7 in an electrostrictive actuator 5, and performing electrical connection to the individual electrode 9 in the electrode pad section 7 is a point

that it is not necessary to prepare wiring in a mechanical component 6. Thereby, constraint of the deflection deformation at the time of the drive resulting from wiring and variation generating of deformation can be prevented. Moreover, as other merits of performing electrical connection in the electrode pad section, since the electrode pad section exists on the side attachment wall of a pressure room and its rigidity is high, even if the welding pressure in an electrical connection process is impressed, the electrode pad section does not destroy it. That is, the equipment destruction by the press deflection can be prevented.

[0007] As shown in drawing 19 -21, the flat-surface configuration of a pressure room where it has been used conventionally had the common rectangle. The reason is that it is the configuration with which both sides with demand of wanting to enlarge area by which a diaphragm is bent as much as possible (long side for a long time) are filled in order to secure the ink droplet volume which is needed for demand of wanting to narrow the pitch between nozzles as much as possible (shorter side shorter) in order to realize printing of high resolution, and printing of the resolution. The electrostrictive actuator is formed in the rectangle tabular of constant width according to the pressure room which is a flat-surface configuration rectangle.

[0008] Thus, the ink jet type recording head of high resolution is realized with the simple configuration by using conventionally the pressure room whose flat-surface configuration is a rectangle.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in recent years, a demand called improvement in the speed is also increasing to the ink jet type recording head. In order to realize improvement in the speed, the approach of increasing the number of nozzles is effective. This is because the number of the ink droplets (dot of an image) which can be formed in up to a record form increases to per unit time amount, so that it has many nozzles.

[0010] However, only by increasing the number of nozzles, the size of the whole head also increases and the problem of head manufacturing-cost increase is caused. Therefore, in case the number of nozzles is made to increase, if it is important in a fixed head area how many nozzles can be arranged and it puts in another way, a nozzle consistency can be improved how or \*\* will become main technical problems.

[0011] Here, as for the occupancy plane area of each nozzle unit, the pressure room occupies the most. Therefore, in order to realize improvement in the nozzle consistency which is a technical problem, the plane area of a pressure room must be made small. Consequently, since the deflection deformation of a mechanical component fell, the ink droplet volume which carries out the regurgitation became small, and the concentration of an alphabetic character or an image was thin.

[0012] that is, bending, even if it makes the plane area of a pressure room small, and enlarging deformation, if the essential technical problem for realizing improvement in the speed is summarized, i.e., making drive effectiveness per unit area high, -- it can be said that it comes out.

[0013] The purpose of this invention is to realize an ink jet type recording head with the high drive effectiveness per unit area. Moreover, other purposes of this invention are to realize the ink jet type recording head which dispersion in drive effectiveness does not generate, even when a location gap of an electrostrictive actuator occurs. Moreover, other purposes of this invention are highly precise, and reliable, and its process is simple and is to realize the ink jet type recording head which is low cost.

[0014]

[Means for Solving the Problem] So, in the invention in this application, in order to solve the above-mentioned technical problem, paying attention to the flat-surface configuration of a pressure room, the analysis investigation was conducted first. Drawing 4 is the result of investigating the deflection deformation at the time of preparing a diaphragm and an electrostrictive actuator in each about the pressure room which has a square flat-surface configuration supposing the pressure room of each configuration where the plane area is the same and aspect ratios (aspect ratio) differ, and making it drive. The situation of deflection deformation of an electrostrictive actuator was also doubled and carried in this drawing. Each configuration which is the characteristic an aspect ratio indicates the flakiness about the flat-surface configuration of a pressure room to be, and is specifically shown in drawing 3 here defines by aspect ratio  $=B/A$ . It means that it is such a long and slender flat-surface configuration that this numeric value is large. For example, in an equilateral triangle, it is [ at 1 and a forward hexagon ] 1 with 0.866 and a square in 0.866 and a perfect circle. in addition, an analysis condition -- pressure room plane area: -- 2.5x10 to 7 m<sup>2</sup>, diaphragm thickness:10micrometer, this quality-of-the-material:stainless steel SUS304, electrostrictive actuator thickness:30micrometer, and this quality of the material :P the same (an electrode pad is not assumed) as that of ZT and an isomorphism-like:pressure room, and driver

voltage:30V -- it comes out.

[0015] The result shown in drawing 4 showed that it was optimal to set the aspect ratio of a pressure room to 1, in order to set up the drive effectiveness per unit area highly. Based on this result, additional analysis was carried out about the case where an electrode pad is prepared in an electrostrictive actuator, supposing more practical structure. In addition, the electrode pad section of each configuration was prepared in the shorter side side in the flat-surface configuration of a pressure room.

[0016] The result is shown in drawing 5. The result of drawing 4 was also doubled and carried for the comparison. The phenomenon in which drive effectiveness fell by having newly prepared the electrode pad from this drawing became clear. Moreover, depending on an aspect ratio, the structure especially with the aspect ratio nearer to 1 of the amount of falls is [ the amount of falls ] more remarkable. That is, when an electrode pad was prepared, the effectiveness of the improvement in drive effectiveness was understood that it is small, and the further device is required in order to acquire much more effectiveness only by the problem of the proper by making an aspect ratio into the configuration near 1 appearing, and carrying out near of the aspect ratio to 1.

[0017] It preceded considering the means and, first of all, the cause of the degradation by electrode pad addition was investigated. Drawing 4 and drawing 5 show that deformation is spoiled in a connection with the electrode pad section among mechanical components, when comparison observation of the situation of deflection deformation is carried out by \*\*/nothing. [ of an electrode pad ] From this, it is thought that the cause of the degradation by electrode pad addition is because the electrode pad section is restraining the deformation by which a mechanical component should be bent freely essentially. With structure especially with the aspect ratio near 1, since the cross section of the part which connects a mechanical component and the electrode pad section is large, it is more greatly influenced of constraint, and as a result, it is thought that the amount of degradation was remarkable.

[0018] In order to realize improvement in drive effectiveness of per [ which is a technical problem ] unit area from the above results of an investigation, using the pressure room which has a flat-surface configuration with the aspect ratio near 1, in addition to it, structure with little constraint by the electrode pad section is realized how, or it can be said that \*\* is the important point.

[0019] The mechanical component which an actuator is arranged in the field equivalent to a pressure room, is bent by this invention with a diaphragm at the time of driving signal impression, and deforms in order to solve the above-mentioned technical problem. The electrode pad section which is arranged in the field equivalent to the side attachment wall of a pressure room, and performs electrical connection with the source of a driving signal, It is the ink jet type recording head which the bridge section which connects a mechanical component and the electrode pad section comes to constitute. It has the flat-surface configuration where the aspect ratio of a pressure room is equal to abbreviation 1, and the bridge section is characterized by the width method in the connection field section to a mechanical component making it smaller than the width method of connection \*\*\*\* of a mechanical component. Since according to this invention constraint by the electrode pad section at the time of a mechanical component bending and deforming can be reduced and the fall of deflection deformation can be prevented, an ink jet type recording head with high drive effectiveness is realizable.

[0020] Moreover, if the width method in the connection field section to the mechanical component of the bridge section makes it small to 1/2 or less [ of the width method of connection \*\*\*\* of a mechanical component ], it is suitable for this invention. Thus, since most constraint by the electrode pad section at the time of a mechanical component bending and deforming by making very small the plane-of-union product of a mechanical component and the electrode pad section can be canceled and the fall of deflection deformation can be prevented, an ink jet type recording head with high drive effectiveness is realizable.

[0021] Moreover, this invention is characterized by connecting one or more bridge sections with the mechanical component in a part [ / near / small / the part of deflection deformation of a diaphragm ]. Moreover, it is characterized by connecting with a mechanical component in the location distant from the core of the connection field side of a mechanical component. Or it is characterized by connecting with a mechanical component in a part [ / near the top-most vertices of a pressure room ]. Since these locations are parts which a diaphragm hardly deforms originally, even if it establishes a bridge in the near and connects with a mechanical component, most effects to which the electrode pad section restrains deflection deformation of a mechanical component cannot be found, and it becomes possible to obtain big deflection deformation. Moreover, by considering as such a configuration, since the bending deformation of the bridge section itself is small, it becomes possible to prevent the crack initiation and

fatigue breaking of the bridge section by drive.

[0022] In addition, it can constitute so that the edge of the connection field section with the mechanical component of the bridge section may serve as a curve. By this, the stress concentration near the connection part of the bridge section at the time of manufacture and drive deflection deformation is eased, and it becomes possible to prevent destruction of an actuator. In addition, it is good also considering the edge as a curve also about the connection parts of the bridge section and the electrode pad section.

[0023] Moreover, for this invention, when width of face of the flat-surface configuration of  $W_p$  and a pressure room is set [ the amount of location gaps of the center position of a pressure room, and the center position of a mechanical component ] to  $W_c$  for the width of face of  $\Delta$  and the flat-surface configuration of a mechanical component,  $W_p$  is  $W_p \leq W_c - 2 \cdot \Delta$  or  $W_c + 2 \cdot \Delta$ . It constitutes so that it may become the range of  $\Delta \leq W_p$ . In addition, about each flat-surface configuration indicated to be  $W_c$  value to drawing 3, it is equivalent to the value shown by A. Generally, the deflection deformation of a mechanical component receives big effect in the support condition of the periphery section. For example, although it becomes rotation free support, and is bent by structure (an actuator is smaller than a pressure room) which does not require an actuator for a pressure outdoor wall and deformation is greatly acquired with it, an actuator serves as fixed support with the structure concerning a pressure outdoor wall (an actuator is larger than a pressure room), and bends, and deformation is small. If the thing in the condition that a mechanical component starts a pressure outdoor wall by location gap of the electrostrictive actuator by turbulence of a production process, or the condition of not cutting is intermingled from this explanation, among them, it bends, and the difference of deformation will be large, namely, dispersion will become large. According to this invention, it is  $W_p \leq W_c - 2 \cdot \Delta$ . Since a mechanical component will not start the outer wall of a pressure room even if it carries out a location gap in which direction whenever it is filling  $\Delta$ , a rotation free support condition can always be maintained. On the other hand, it is  $W_c + 2 \cdot \Delta$ . Since the drive outside periphery will have started the outer wall of a pressure room even if it carried out the location gap whenever it was filling  $\Delta \leq W_p$ , a fixed support condition can always be maintained. Therefore, if which conditions are fulfilled, dispersion in the deflection deformation to a location gap will be small, therefore-izing of it can be carried out [ highly precise ].

[0024] Moreover, at this invention,  $W_p$  is  $x(W_c - 2 \cdot \Delta) \cdot 0.9 \leq W_p \leq W_c - 2 \cdot \Delta$ . It is more desirable if it is the range of  $\Delta$ . Even if it is the same rotation free support condition, if  $W_p$  is too small, it will bend to  $W_c$ , generally, since deformation area is small, it bends, deformation becomes small, even if  $W_p$  is too close conversely to  $W_c$ , a support condition becomes close to fixed support, it bends, and deformation becomes small. Namely, as for  $W_p$ , an optimum value exists to  $W_c$ . Since  $W_p$  can be set as an optimum value, while deflection deformation is made to max according to this invention, dispersion in the deflection deformation to a location gap of an electrostrictive actuator is small, and-izing of it can be carried out [ highly precise ].

[0025] Moreover, as for this invention, two or more nozzles are arranged two-dimensional. Moreover, two or more trains arrangement of two or more nozzles arranged at fixed spacing at the single tier is carried out. Only by arranging in one dimension, since a nozzle array pitch cannot be made smaller than the width of face of a pressure room, it cannot realize the ink jet type recording head of high resolution. However, according to this invention, a nozzle array pitch can be made smaller than the width of face of a pressure room, and the ink jet type recording head of high resolution can be realized.

[0026] in two-dimensional arrangement, N train arrangement of the nozzle arranged at fixed spacing seriate in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the scanning direction of an ink jet type recording head, for example is carried out in the abbreviation scanning direction, the nozzle train of the following train shifts each nozzle train one by one in the direction of a  $1/N$  [ every ] train of fixed spacing, and it is arranged. Moreover, each of that nozzle train may be arranged at equal intervals, and you may arrange so that each nozzle may serve as a parallelogram grid intersection location. nozzle spacing (nozzle array pitch) in the case of having arranged the nozzle in single dimension, if the nozzle was projected in the direction which intersects perpendicularly with a recording head scanning direction when it had arranged like this invention (refer to drawing 14) -- comparing -- spacing of  $1/N$  -- the formation of a \*\* pitch -- that is, it can high-resolution-ize.

[0027] Moreover, it is characterized by arranging this invention so that the wiring substrate containing a signal line may cover the actuator by which matrix arrangement was carried out two-dimensional, and carrying out electrical connection of said electrode pad section and said wiring substrate through a



bump. According to this invention, since the signal line to each electrostrictive actuator exists outside the field of each electrostrictive actuator, the signal-line tooth space conventionally provided between actuators does not have the need, and can arrange to high density.

[0028] Moreover, this invention is characterized by the bump consisting of jointing materials for corrugated fibreboard covered in the periphery section of conductive core material and this core material. According to this invention, since a clearance is made between a wiring substrate and an electrostrictive actuator mechanical component, a wiring substrate does not affect deflection deformation of a mechanical component. Moreover, according to this invention, generation of heat of the mechanical component by the drive of an electrostrictive actuator is cooled by the flow of the air of a clearance.

[0029] Moreover, this invention is characterized by forming core material as hemispherical. According to this invention, electric and mechanical contact in the electrode pad section can be ensured. Moreover, according to this invention, breakage of the electrode pad section in a contact formation process with the electrode pad section can be prevented.

[0030] Moreover, this invention is characterized by constituting the wiring substrate, including a resin base material at least. According to this invention, even when expansion deformation and curvature deformation occur in an ink jet type recording head by a temperature change etc., since rigidity is low, the wiring substrate of a resin base material can follow the deformation, and can prevent a bump's breakage.

[0031] Moreover, this invention is characterized by an actuator being an electrostrictive actuator which a mechanical component becomes by the piezoelectric device. Moreover, it is characterized by applying the sandblasting method (it explaining in full detail behind) as the manufacture approach of an electrostrictive actuator. According to this process, even if it is the electrostrictive actuator of complicated configurations, such as having two or more bridge sections, it can be processed into a precision in a simple short time, and the ink jet of high density can be realized by low cost.

[0032] Moreover, this invention is characterized by arranging the dummy pattern between [ each ] electrostrictive actuators so that the periphery section of the electrostrictive actuator field where it comes to carry out two or more arrays of the electrostrictive actuator may be surrounded. Generally by the sandblasting method, the processing dimensional accuracy called side etching poses a problem. This is the phenomenon in which it is finished by a blasting abrasive grain turning also to the bottom of a mask, and grinding being carried out near [ the ] the edge in the film mask part prepared in the field (this invention each actuator) which it leaves, without carrying out grinding with sandblasting, and a processing dimension varies. It depends for the amount of side etching on spacing for [ which adjoins in more detail ] processing depending on the existence for [ adjoining ] processing. According to this invention, since a dummy pattern exists in the periphery of an electrostrictive actuator field, the periphery section and inside an electrostrictive actuator field, since the difference in the amount of side etching decreases, it can consider as a uniform dimension, and highly precise-ization is attained. Moreover, according to this invention, since a dummy pattern exists also in each perimeter of an electrostrictive actuator, since the difference in the amount of side etching of all electrostrictive actuators decreases, it can consider as a uniform dimension, and highly precise-ization is attained.

[0033] Moreover, this invention is characterized by setting all the width of face (clearance) of the slot which separates the dummy pattern which adjoins an electrostrictive actuator and it as abbreviation identitas. According to this invention, since the amount of side etching of all electrostrictive actuators becomes the same, it can consider as a uniform dimension, and highly precise-ization is attained.

[0034] Moreover, the ink jet type recording apparatus of this invention carries the ink jet type recording head of one of this inventions mentioned above, and is constituted.

[0035]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of concrete operation is mentioned and it explains to a detail along with a drawing.

(Gestalt of the 1st operation) Drawing 1 shows the configuration of the ink jet type recording head in the gestalt of operation of the 1st of this invention. Moreover, drawing 2 (a) It is the flat-surface perspective drawing about one electrostrictive actuator in drawing 1. Drawing 2 (b) It is the flat-surface perspective drawing showing another example of the electrostrictive actuator which can be used similarly. The ink jet type recording head of this example is carrying out what was mostly shown in drawing 19, and a similar configuration except the point that the configuration of a pressure room differs from the configuration of an electrostrictive actuator. The nozzle 1 to which this ink jet type recording head carries out the regurgitation of the ink droplet, The pressure room 2 (example of representation of the

pressure room which has the flat-surface configuration where an aspect ratio is equal to abbreviation 1) whose flat-surface configuration it is arranged corresponding to each nozzle 1, and is a square. It consists of the supply way 11 which connects the ink pool 10 which supplies ink to each pressure room 2, and each pressure room and an ink pool, a diaphragm 4 which forms the whole surface of the pressure room 2, and an electrostrictive actuator 5 joined to the diaphragm 4.

[0036] An electrostrictive actuator 5 is drawing 2 (a). It consists of the bridge section 8 which connects a mechanical component 6, the electrode pad section 7, and a mechanical component 6 and the electrode pad section 7 so that it may be shown. These mechanical components 6, the electrode pad section 7, and the bridge section 8 are formed in one so that it may mention later. A mechanical component 6 is a part which is arranged in the field equivalent to the pressure room 2, bends and deforms with a diaphragm 4 at the time of electrical-potential-difference impression. The electrode pad section 7 is a part which is arranged in the field equivalent to the side attachment wall of a pressure room, and performs electrical connection with the source of a driving signal. The width method in the connection field section to a mechanical component is smaller than the width method of connection \*\*\*\* of said mechanical component, and the bridge section 8 which connects a mechanical component 6 and the electrode pad section 7 is formed. The individual electrode 9 for impressing driver voltage is arranged in the front face of an electrostrictive actuator 5. In addition, the diaphragm 4 is also playing a role of a common electrode.

[0037] The detail of each part is explained about the ink jet type recording head of the gestalt of the 1st operation. All of four kinds of passage plates used in the gestalt of this operation are stainless steel (SUS). Four kinds of passage plates show a nozzle plate 21, the supply way plate 22, the pressure room plate 23, and a diaphragm 4. A nozzle plate 21 is 75 micrometers in thickness, it is 30 micrometers in diameter, and the nozzle 1 which is pitch 1.016mm is formed. The supply way plate 22 is 25 micrometers in thickness, and the supply way 11 is established in the location corresponding to a nozzle 1, respectively so that the free passage hole 12 with a diameter of 100 micrometers may connect the pressure room 2 and the ink pool 10 again. The pressure room plate 23 is 150 micrometers in thickness, and the pressure room 2 and the ink pool 10 of the square centering on the location corresponding to a nozzle 1 in a flat-surface configuration are prepared. The magnitude of the pressure room 2 is determined based on the deflection deformation of a diaphragm required in order to make the desired ink droplet volume breathe out. Magnitude of the pressure room 2 is set to 500micrometerx500micrometer in the gestalt of this operation. A diaphragm 4 is 10 micrometers in thickness. In addition, the alignment marker for junction alignment (not shown) is given above to four kinds of passage plates.

[0038] The ingredient which consists of titanite-acid lead zirconate system ceramics, or the ingredient which consists of a common ferroelectric is used for the piezoelectric material which forms an electrostrictive actuator 5. Moreover, as an ingredient of the individual electrode 9, gold, silver palladium, or the metal that has other conductivity is used. About the configuration of an electrostrictive actuator 5, the field and core corresponding to a pressure room make a mechanical component the same square, and the magnitude is set to 460micrometerx460micrometer. Therefore, a 20-micrometer clearance exists between the periphery of a mechanical component, and the periphery of the field corresponding to a pressure room. The magnitude of the electrode pad section is determined as an area required for the electrical connection at the time of use. Furthermore, the bridge section which connects a mechanical component and the electrode pad section is prepared in the neighboring core that a mechanical component and the electrode pad section face each other, and the die length is set to 40 micrometers, and it sets width of face to 100 micrometers.

[0039] Then, actuation of the gestalt of this operation is explained. First, the ink supply unit (not shown) linked to the ink pool 10 is filled up with ink, and each pressure room 2 is filled up with ink by the usual route of an ink supply unit, an ink pool, and a pressure room. Then, if driver voltage is impressed between the individual electrode 9 of each electrostrictive actuator 5, and a common electrode (diaphragm 4), an electrostrictive actuator 5 and a diaphragm 4 will bend and deform in the field of the corresponding pressure room 2, and will compress the ink of the pressure interior of a room (the internal pressure of a pressure room is raised). And an ink droplet is breathed out from the nozzle 1 corresponding to each pressure room.

[0040] With the gestalt of this operation, since he is trying for a pressure room to have the flat-surface configuration of a square with an aspect ratio equal to abbreviation 1, compared with the thing of the conventional rectangle, it has advantageous structure in respect of drive effectiveness.

[0041] In addition to it, the electrostrictive actuator arranged in the pressure room consists of the bridge

section which connects a mechanical component, the electrode pad section, and a mechanical component and the electrode pad section, and has made width of face of the bridge section in the connection to a mechanical component smaller than the width of face of a mechanical component. Although constraint according to the electrode pad section only at only making an aspect ratio abbreviation 1 was large and it mentioned above that original effectiveness of the improvement in drive effectiveness could not demonstrate enough, since constraint by the electrode pad section at the time of a mechanical component bending and deforming by preparing the bridge section in this way can be reduced, the original improvement in drive effectiveness by the aspect ratio abbreviation 1 can be attained.

[0042] In order to check this effectiveness, the width of face of the bridge section of the structure by the gestalt of this operation was changed, more than one were made as an experiment, and each deflection deformation was measured. Drawing 7 shows the result. An axis of abscissa is the width of face of the bridge section, and an axis of ordinate is deflection deformation. In addition, a with an axis-of-abscissa value [ of 0 micrometer ] head is structure without a bridge, and electrical connection in this case was performed by wirebonding of an electrode pad and a mechanical component. Moreover, an axis-of-abscissa value = as for the 460-micrometer head, structure, i.e., a mechanical component, and the electrode pad section are connected conventionally on the whole surface. It was checked that constraint by the electrode pad section is eased, it bends, and deformation can be conventionally enlarged rather than structure by preparing a bridge from this result and that it bends, so that bridge width of face is narrowed further, and deformation can be enlarged. When especially the width of face of the bridge section could carry out to below one half of the width of face of a mechanical component, most constraint by having used the bridge was canceled and the effectiveness of preventing the fall of deflection deformation has been checked.

[0043] Although the ink jet type recording head using the electrostrictive actuator which has a mechanical component, the electrode pad section, and the bridge section is incidentally indicated by JP,11-78015,A, in this official report, the pressure room which has the flat-surface configuration of a long and slender rectangle is assumed, and the relation between a pressure room flat-surface configuration (aspect ratio) and drive effectiveness is not indicated. Moreover, in this official report, since the electrode pad section is allotted to the shorter side side of a pressure room, the effect whose electrode pad section restrains a mechanical component more originally hardly poses a problem. To these, paying attention to the effectiveness of the improvement in drive effectiveness by considering a pressure room flat-surface configuration as the aspect ratio abbreviation 1, this invention is the point which is invention which made reduction of constraint by the electrode pad section used as the proper technical problem in that case main technical problems, and differs from this official report.

[0044] Moreover, with the gestalt of this operation, manufacture of the actuator of a complicated configuration is enabled by using the sandblasting method as the processing approach of an electrostrictive actuator. Then, the manufacture approach (the sandblasting method and the head assembly approach) of the gestalt this operation is explained below.

[0045] As shown in drawing 6, lap processing is first performed to a piezoelectric-material block (not shown), and the piezoelectric-material plate 31 is created. Although the thickness of the piezoelectric-material plate 31 is decided based on deflection deformation and driver voltage required for an electrostrictive actuator 5, it is set to 30 micrometers with the gestalt of this operation. Sputtering of the electrode layer 32 is carried out to those both sides to this piezoelectric-material plate 31. With the gestalt of this operation, gold is used as an electrode material. Then, temporary immobilization of the piezoelectric-material plate [ finishing / sputtering ] is carried out at a stationary plate 34 through the adhesion firing tape 33 with the property whose adhesion is lost at the time of an elevated temperature. The alignment marker (not shown) for performing junction alignment with an SUS passage plate is given to this stationary plate.

[0046] The film mask 35 which has photosensitivity is stuck on the piezoelectric-material plate which carried out temporary immobilization. With the gestalt of this operation, the urethane system film mask with a thickness of 50 micrometers was used. Then, only a part to leave as an electrostrictive actuator creates separately the exposure mask 36 which has the pattern which carries out ultraviolet-rays (UV) transparency, and is stuck on the above-mentioned film mask. Patterning of the exposure mask 36 is carried out on the basis of the alignment marker of a stationary plate. UV exposure is performed to the piezoelectric-material plate covered with the film mask 35 through this exposure mask 36, and it etches after that to it. Although what has the property that the part by which UV irradiation was carried out is not removed, and the other part can be removed certainly was chosen as the etching reagent, the sodium

carbonate was used in this example.

[0047] The film mask 35 is covered only for a part to leave as an electrostrictive actuator 5 by the above process, and, as for the other part, the film mask 35 is removed according to it. Then, sandblasting processing is performed to this structure. In sandblasting processing, piezoelectric material of a part which the film mask 35 was removed and was exposed is performed to the piezoelectric material of the part in which grinding removal was certainly carried out, and the film mask 35 remained under conditions to which grinding is not carried out. It washes by removing the film mask 35 which remained in the front face of piezoelectric material after sandblasting processing. According to the above process, the structure where the electrostrictive actuator 5 which has an electrode layer 32 to both sides was stuck on the adhesion firing tape 33 on the stationary plate 34 is acquired.

[0048] Then, the process which sticks this piezoelectric material on a diaphragm 4 is performed. First, adhesives (not shown) are applied to piezoelectric material. With the gestalt of this operation, in order to make a diaphragm 4 serve a double purpose as a common electrode, the adhesives which have conductivity are used for the adhesives to apply. After applying this, the alignment marker of a diaphragm 4 and a stationary plate 34 is made into positioning criteria, and superposition and 2kg [ per square centimeter ] pressurization are performed for an electrostrictive actuator 5 and a diaphragm 4, and at 200 degrees C, adhesives are stiffened and it joins. In addition, at the time of heating, the adhesion firing tape 33 used in order to carry out temporary immobilization of the piezo-electric material actuator 5 and the stationary plate 34 loses the adhesion, and exfoliates easily. A diaphragm 4 is used as a common electrode according to the above process, an electrostrictive actuator 5 is joined with glue on it (patterning), and the unit matched for the free-surface side of an actuator 5 with the individual electrode 9 is obtained. An ink jet type recording head can be obtained by joining this unit to SUS passage plate units other than diaphragm 4 joined with glue separately (a nozzle plate, a supply way plate, and pressure room plate) with glue.

[0049] Finally, electrical connection for impressing driver voltage to each electrostrictive actuator 5 is performed. In the gestalt of this operation, a FPC cable (not shown) is stuck on the periphery of an ink jet type recording head, and the electrode terminal and individual electrode 9 of each electrostrictive actuator are connected by wirebonding. In this case, let the part from which a wire is dropped to the individual electrode 9 be the electrostrictive actuator electrode pad section. By the above manufacture approach, the ink jet type recording head of the gestalt of this operation is completed.

[0050] According to the sandblasting method used by this example, even if it is the electrostrictive actuator of a complicated configuration like the gestalt of this operation, it becomes possible to process it, and still since [ simple ] it is processible into a precision in a short time, it can low-cost-ize.

[0051] This invention is applicable also to the pressure room which has a polygon and the flat-surface configuration of a circle if only it is the pressure room which does not limit to a square the flat-surface configuration of a pressure room [ in / in this / this invention ] although the flat-surface configuration of a pressure room is made into the square with the gestalt of the 1st operation mentioned above, and has the flat-surface configuration where an aspect ratio is equal to abbreviation 1. For example, drawing 2 (b) Also when the flat-surface configuration of a pressure room is made into a circle so that it may be shown, the completely same operation and effectiveness as the case of the square mentioned above are acquired. In addition, by the thing [ configuration / flat-surface / mechanical component / the pressure room of an approximate circle form, and ] using the actuator of an approximate circle form, it shall be considered that the diameter of a circular mechanical component is the width method of the connection field section of said mechanical component in this way.

[0052] (Gestalt of the 2nd operation) Drawing 10 is the flat-surface perspective drawing showing the correspondence location of the electrostrictive actuator configuration of an ink jet type recording head and pressure room concerning the gestalt of this operation. In the gestalt of this operation, it only differs from the 1st configuration of the gestalt of operation that the two bridge sections which connect an electrostrictive actuator mechanical component and the electrode pad section are allotted near the part corresponding to the corner (top-most vertices) of a pressure room. About the physical relationship over the pressure room of the point which constituted small the plane-of-union product of a mechanical component and the electrode pad section and a mechanical component, and the electrode pad section, it is the same as that of the gestalt of the 1st operation.

[0053] Since constraint by the electrode pad section at the time of a mechanical component bending and deforming also with the gestalt of this operation by making width of face of the bridge section in the connection to a mechanical component smaller than the width of face of a mechanical component can be

reduced, the improvement in drive effectiveness becomes realizable.

[0054] In order to verify the effectiveness of the gestalt of this operation, in each structure of the gestalt of the 1st and the 2nd operation, it measured experimentally what kind of deflection deformation a mechanical component would carry out. drawing 11 (a) (b) the deflection of the mechanical component in the gestalt of each operation -- a variation rate -- a contour line shows an amount. It is (b) so that it may illustrate. Deflection deformation with it is obtained. [ the direction of the structure of the gestalt of this operation has many whole contour lines, namely, bigger ] concrete -- the maximum deflection deformation -- the 1st example -- 0.207 micrometers it was -- although -- this example -- 0.213 micrometers it was . This result showed that the direction of this example could make small effect which restrains deflection deformation of a mechanical component compared with the 1st example, and the deflection deformation of a mechanical component was obtained still more greatly.

[0055] That deflection deformation with the bigger gestalt of this operation was able to be obtained has a reason in the difference of extent of constraint of the mechanical component by the electrode pad section. drawing 11 -- observing -- near [ square ] the core of one side (bridge part in the gestalt of the 1st operation), and near the both ends of one side (bridge part in the gestalt of this operation) -- a variation rate -- if an amount is measured -- latter one -- a variation rate -- it turns out that an amount is a small part. Therefore, the effect of constraint by the way of this example which the amount of displacement matched for the originally small part with the bridge having added the electrode pad section is considered that were small and drive effectiveness became high more.

[0056] Moreover, according to drawing 11 , the number of a high line -- it can set in the bridge section -- is understood that there are few gestalten of this operation compared with the gestalt of the 1st operation. Since the bending deformation of the bridge itself means few things, this can prevent the crack initiation and fatigue breaking of the bridge section.

[0057] As mentioned above, according to the gestalt of this operation, while being able to improve drive effectiveness further, it becomes possible to raise the dependability over the bridge section.

[0058] Moreover, it investigated in detail about above Wc and the relation of Wp as supplement investigation about the gestalt of this operation. Drawing 8 is  $\frac{1}{2}$  in the structure (Wp-Wc) where fixed Wc and Wp was changed. It is the result of bending, when an electrostrictive actuator carries out the location gap of the value only for delta in each of that structure for an axis of abscissa, and deformation investigating which changes. In addition, this axis-of-abscissa value means the clearance between a mechanical component and a pressure outdoor wall, and the mechanical component has overflowed the pressure outdoor periphery at the time of a positive value, and it means being settled inside a pressure outdoor periphery conversely at the time of a negative value. The amount delta of location gaps was set to 20 micrometers assumed by the actual production process here. From this result, by setting it as the field of " $\Delta \leq \left[ \frac{1}{(W_p - W_c)^2} \Delta \right] (W_p - W_c) / 2$ , i.e., " $W_p \leq W_c - 2 \Delta$  or  $W_c + 2 \Delta \leq W_p$ ", as conditions for Wp showed that dispersion could be suppressed small. The place which this formula means shows that the support condition of a drive outside periphery can be kept constant, even if a location gap arises. That is, even if a location gap arises in the former, a support condition is always rotation free support, and on the other hand in the latter, it is always fixed support. As mentioned above, although deflection deformation receives big effect in that support condition, since change of the support condition by location gap will not occur if this condition is fulfilled, dispersion can be suppressed small.

[0059] Furthermore, drawing 9 presupposes that Wc is fixed, and the deflection deformation when changing Wp is shown (when you have no location gap). This result showed that the field of " $x(W_c - 2 \Delta) \leq W_p \leq W_c + 2 \Delta$ " was desirable as conditions for Wp, in order to maximize deflection deformation. Since a mechanical component bends since drive area will become small if a mechanical component is too small at one side although the one smaller than a pressure outdoor periphery bends and serves as a rotation free support condition advantageous to deformation, and deformation falls, the place which this formula means shows that the optimal range for Wp value exists. In addition, the amount delta of location gaps is 10 micrometers - about 30 micrometers, when the general alignment approach is used. In this case, it can be said that it is optimal to set up smaller 20 micrometers - about 60 micrometers than the pressure room width of face Wc as for the width of face Wp of a mechanical component.

[0060] Since it is the structure of filling this conditional expression according to the gestalt of this operation, since dispersion in the deflection deformation to a location gap of an electrostrictive actuator is small, -izing can be carried out [ highly precise ], and the deflection deformation itself can be made into max.

[0061] Moreover, it is drawing 12 (a) about an electrostrictive actuator besides the structure shown with the gestalt of this operation. - (d) It can also consider as structure [ like ] or the structure which combined them. drawing 12 (a) - (d) \*\*\*\* -- the bridge section 8 is connected with the mechanical component 6 in the part near [ small ] the part of deflection deformation of a diaphragm, and the part distant from the core of the connection field side of a mechanical component.

[0062] Drawing 12 (a) The one bridge section is prepared in the top-most vertices of the pressure room 2 which has a square flat-surface configuration. Drawing 12 (b) The center section of each connection field side of the same pressure room 2 is avoided, and it is made for the bridge section to be located only in four crownings. Drawing 12 (c) The bridge section is formed in top-most vertices while making it a mechanical component 6 exist only in the field of the pressure room 2 substantially by sampling the part equivalent to the center section of each connection field side of the then same pressure room 2. Drawing 12 (d) A edge [ in / then / the connection field section with the connection field section with the mechanical component 6 of the bridge section 8 and the electrode pad section 7 ] is formed in a curve. Also according to such each structure, constraint of the mechanical component by the electrode pad section becomes smaller, and can improve drive effectiveness further. Moreover, since area of the part (part which an electrostrictive actuator was not stuck among the fields corresponding to a pressure room, but the diaphragm has exposed) by which only a diaphragm is bent can be lessened even if it is the case where the location gap with an electrostrictive actuator and a pressure room arises, it becomes possible to avoid the phenomenon which the part escapes and transforms with the ink internal pressure at the time of a drive, and drive effectiveness loses. Moreover, drawing 12 (d) With structure [ like ], as compared with the case of the gestalt of the 2nd operation, stress concentration [ / near the connection part ] is eased, and destruction of an electrostrictive actuator can be prevented.

[0063] (Gestalt of the 3rd operation) Drawing 13 shows the decomposition perspective view of the ink jet type recording head concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention. Moreover, drawing 14 shows the flat-surface perspective drawing. In this example, matrix arrangement of two or more pressure rooms and corresponding nozzles (nozzle unit) is carried out two-dimensional so that it may illustrate. In addition, the structure of a nozzle unit is the same as the 2nd example.

[0064] as shown in drawing 13 drawing 14 , eight nozzles arranged at fixed spacing seriate in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the scanning direction 41 of an ink jet type recording head arrange three trains to an abbreviation scanning direction -- having -- \*\*\*\* -- each nozzle train -- the nozzle train of the following train -- said fixed spacing -- every [ 3 / 1/ ], it shifts one by one in the direction of a train, and is arranged in it.

[0065] In this array, if a nozzle is projected on a head scanning direction, the nozzle pitch will be located in a line with the single tier in a \*\* pitch 42 called one third of said fixed spacing, and the head of false high resolution can be realized. In addition, the same printing as the head of a single tier can be substantially performed by controlling the timing which makes an ink droplet breathe out for every train, moving a head to a scanning direction, in case it prints.

[0066] Even if an aspect ratio uses the broad pressure room of abbreviation 1, the nozzle configuration of a pitch (high resolution) narrower than the width of face is realizable in false with the gestalt of this operation. That is, the ink jet recording head of high drive effectiveness and high resolution becomes realizable. In addition, the same effectiveness was able to be acquired although the gestalt of this operation described only the case where a nozzle configuration was considered as the matrix array of 8x3, and the head of poor about the same as 3 units 780 nozzles also created the matrix array of 26x10 besides it. Besides this, various arrays can be chosen to the desired number of nozzles and a desired head dimension.

[0067] (Gestalt of the 4th operation) Drawing 15 (a) And (b) The top view of the electrostrictive actuator of the ink jet type recording head concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention is shown. Although each and the array of an electrostrictive actuator 5 are the same as the gestalt of the 3rd operation so that it may illustrate, the dummy pattern 51 is arranged between electrostrictive actuators with the periphery section of the electrostrictive actuator field where it comes to carry out two or more arrays of the electrostrictive actuator. With the gestalt of this operation, all width of face of the slot which separates each and the dummy pattern of an electrostrictive actuator was set to 80 micrometers. Other structures are the same as the gestalt of the 3rd operation.

[0068] As mentioned above, in sandblasting processing, the amounts of side etching differ depending on spacing for [ adjoining ] processing, and result processing dimensions differ. However, according to this invention, since all electrostrictive actuators can make the amount of side etching homogeneity, they can



improve process tolerance.

[0069] In order to check the effectiveness of the gestalt of this operation, the dimensional accuracy of each electrostrictive actuator by sandblasting processing was checked between the gestalt of the 3rd operation, and the gestalt of this operation. Consequently, at the gestalt (with no dummy pattern) of the 3rd operation, it is \*\*20 micrometers. At this example which arranged the dummy pattern, it is \*\*5 to dimensional accuracy dispersion having occurred. It could improve to dimensional accuracy dispersion and the effectiveness by this invention was checked.

[0070] (Gestalt of the 5th operation) The perspective view showing the electrical connection approach of the ink jet type recording head which drawing 16 requires for the gestalt of operation of the 5th of this invention, and drawing 17 are the sectional views which paid their attention to two adjoining electrostrictive actuators.

[0071] 25 micrometers in thickness 12.5 micrometers in the base film 61 made from polyimide, the copper signal line 62, and thickness The electrode 65 for individual signals on the flexible-printed-wiring substrate 64 which consists of three layers of the cover layer 63 made from polyimide serves as arrangement corresponding to the electrode pad of an electrostrictive actuator. The bump who formed the pewter 67 in the front face of the core 66 which becomes this electrode for individual signals from copper with electrolysis plating is formed by heat-treatment.

[0072] The electrode pad section of each electrostrictive actuator and the bump of a flexible-printed-wiring substrate are made to counter mutually, and heating pressure treatment is performed and it joins. In the gestalt of this operation, it joins electrically and mechanically on temperature 230 \*\* and the conditions which impress pressure 100MPa for 10 seconds in the shape of a step, respectively.

[0073] Since it is made to the configuration in which an electrical connection does not exist in a mechanical component according to the gestalt of this operation, while the deflection constraint by the electrical connection can be eliminated and drive effectiveness can be made high, it becomes possible to eliminate dispersion generating of the deflection deformation by the manufacture errors (a plane-of-composition product, location, etc.) of electrical connection. Moreover, since the electrode pad section is arranged on the side-attachment-wall section of a rigid high pressure room, it can be connected certainly [ can prevent destruction by the press to the electrode pad section in an electrical connection process, and ]. Therefore, it is efficient and the ink jet type recording head of high degree of accuracy and high-reliability can be realized.

[0074] With the gestalt of this operation, since the signal line to each electrostrictive actuator exists outside the field of each electrostrictive actuator, there is no need of laying a signal line between actuators, and electrical connection corresponding to the ink jet type recording head of a high density array can be performed.

[0075] Moreover, with the gestalt of this operation, since the bump is formed in the shape of a semi-sphere, electric and mechanical contact at the time of connecting with the electrode pad section of an electrostrictive actuator can be ensured, and the electrode pad breakage at the time of contact can be prevented. When electrical connection inspection of each electrostrictive actuator connected with the gestalt of this operation was conducted, actuators being connected [ no ] normally and having also generated breakage of an electrostrictive actuator was checked.

[0076] Moreover, with the gestalt of this operation, since core material is contained in the bump and a clearance can be opened between a wiring substrate and an electrostrictive actuator mechanical component, it becomes possible to cool generation of heat at the time of a drive with the air which does not affect deflection deformation of a mechanical component and flows a clearance. When the driver voltage wave was actually inputted into each electrostrictive actuator, it checked all actuators bending normally and deforming. Moreover, the stable drive actuation was able to be obtained, without property degradation by generation of heat arising, even if it performed the prolonged continuation drive (24 18kHz hours).

[0077] Moreover, with the gestalt of this operation, since a wiring substrate follows the deformation even if the thermal expansion and the curvature of a head occur by a temperature change etc., since a wiring substrate consists of polyimide, prevention of bump breakage is attained. Although electric inspection was actually repeatedly performed for the temperature change on the head after 100 cycle \*\*\*\*\* between -20 degrees C and +40 degrees C, there was no defect generating.

[0078] Moreover, it carried in the ink jet type recording device which shows the ink jet type recording head of the gestalt of each operation in part to drawing 18 with a fracture perspective view, and printed on space. This recording apparatus consists of a head, the carriage 101 which consists of ink tanks which

supply ink to it, the timing belt 102 which makes carriage reciprocate, a roller 104 to which the paper 103 to print is moved, and a case 105. In case it prints, carriage is made to reciprocate to a main scanning direction, making coincidence transport paper in the direction of vertical scanning which intersects perpendicularly with a main scanning direction, by making an ink droplet breathe out alternatively from two or more nozzles of a head, an ink droplet is made to adhere on space and an alphabetic character and an image are printed.

[0079] Although explanation of the gestalt of the 5th operation showed above the example which used the electrostrictive actuator as an actuator from the 1st, you may be other drive methods. For example, the deflection deformation by the differential thermal expansion can also be used by giving heating as a driving signal instead of an electrostrictive actuator using the member from which a diaphragm and coefficient of thermal expansion differ. Furthermore, nothing can join to a diaphragm, but an electrical potential difference can be impressed to the electrode surface which countered with the diaphragm and was formed, and the deflection deformation generated in electrostatic force can also be used.

[0080] Although it cannot be overemphasized that various deformation is possible in the technical range of this invention about other parts,  $W_c$  value is 300-700 micrometers, the quality of the material of an actuator is the titanite-acid lead zirconate system ceramics, and a more suitable example is the structure where the thickness of an actuator is 15-40 micrometers.

[0081]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, according to it being equal to abbreviation 1, the aspect ratio of the flat-surface configuration of a pressure room can obtain big deflection deformation compared with the former, and can realize an ink jet type recording head with high drive effectiveness, and an ink jet type recording device.

[0082] Moreover, by the thing which mentioned already and for which it solves and the cross section is made small in the connection part of the bridge section of an actuator, and a mechanical component by the configuration, constraint by the electrode pad section at the time of a mechanical component bending and deforming can be reduced, deflection deformation can be obtained more greatly, and the still higher ink jet type recording head of drive effectiveness becomes realizable.

[0083] Moreover, since according to this invention the support condition of a drive outside periphery does not change even if the mechanical component of an actuator shifts from a predetermined location somewhat to a pressure room, the variation in deflection deformation does not occur but a highly precise ink jet type recording head becomes realizable. Furthermore, according to this invention, since own bending deformation of the bridge section is small, destruction of an actuator is prevented and a reliable ink jet type recording head becomes realizable. Where the cross-sectional area of the bridge section is kept small, also by devising in the configuration, destruction of an actuator can be prevented and dependability can be raised. In addition, since the actuator of the ink jet type recording head by this invention is formed by the sandblasting method, even if it is an actuator of a complicated configuration, it can be processed into a precision in a simple short time, and can realize the ink jet type recording head of high density by low cost.

---

[Translation done.]



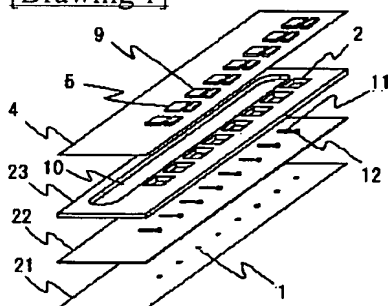
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

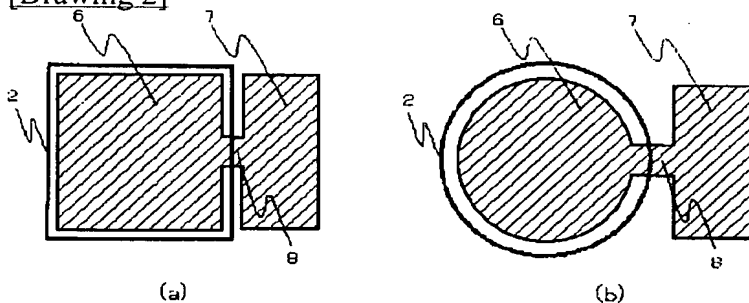
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

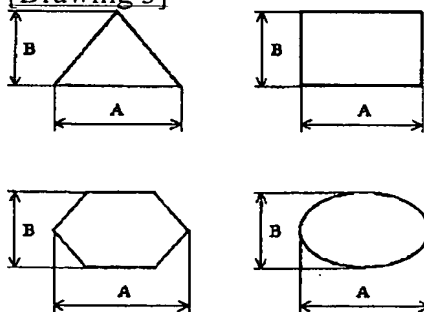
[Drawing 1]



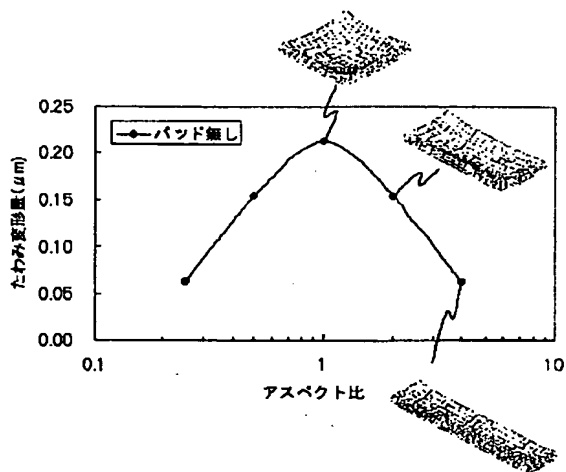
[Drawing 2]



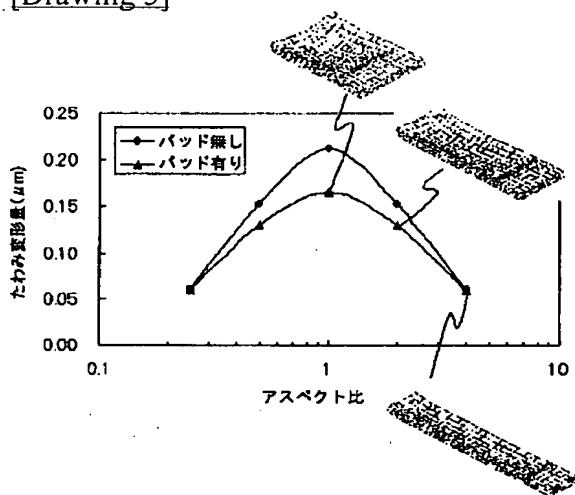
[Drawing 3]



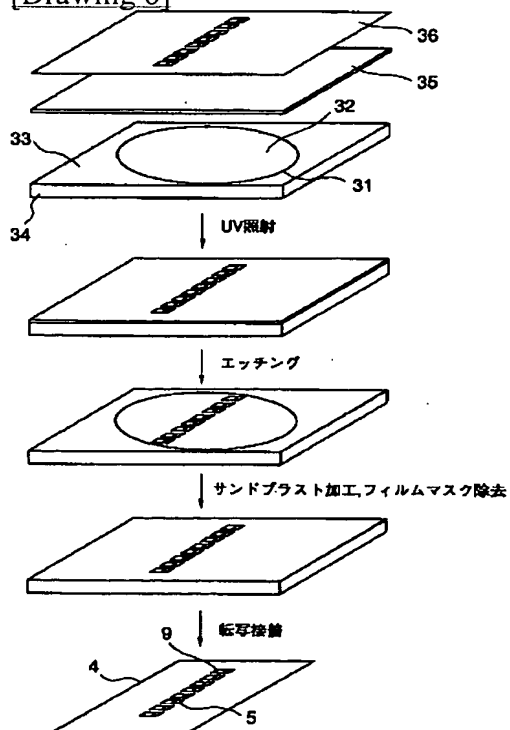
[Drawing 4]



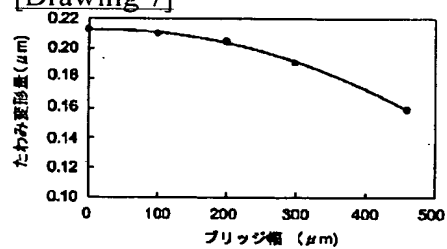
[Drawing 5]



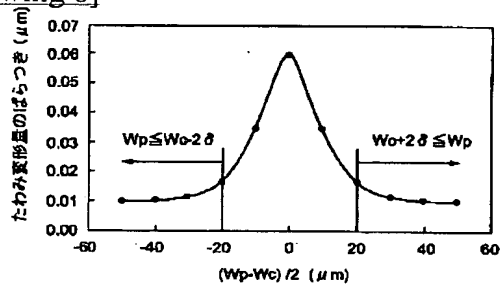
[Drawing 6]



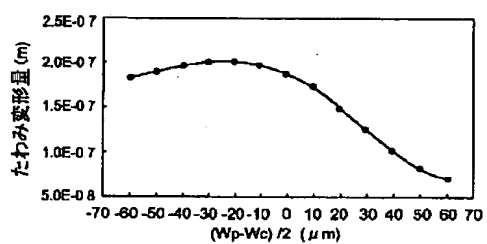
[Drawing 7]



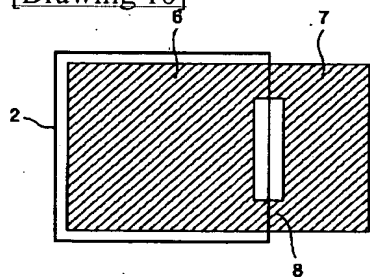
[Drawing 8]



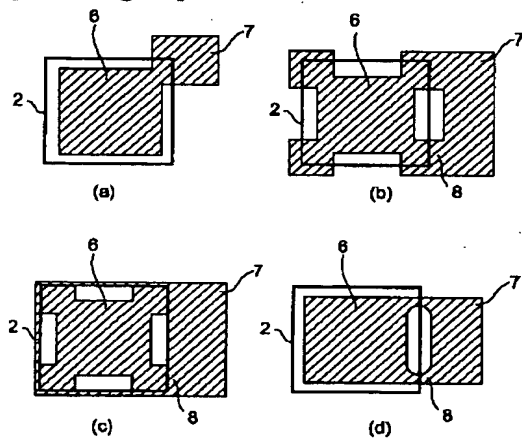
[Drawing 9]



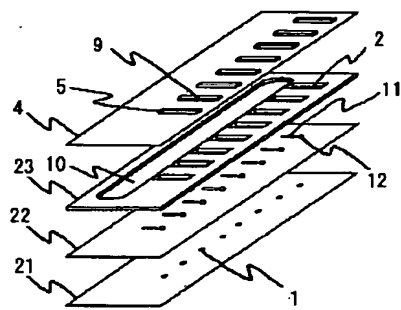
[Drawing 10]



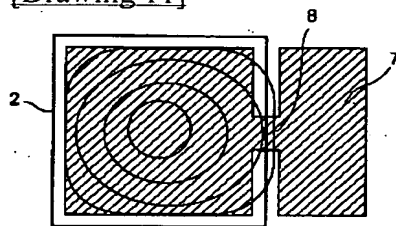
[Drawing 12]



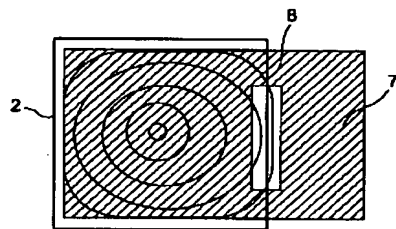
[Drawing 19]



[Drawing 11]

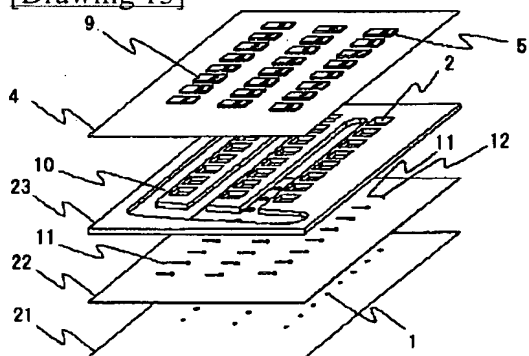


**(a)**

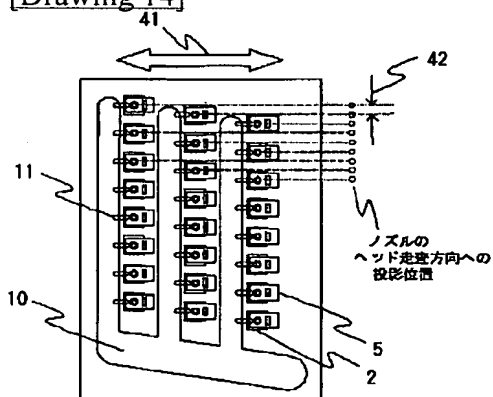


(b)

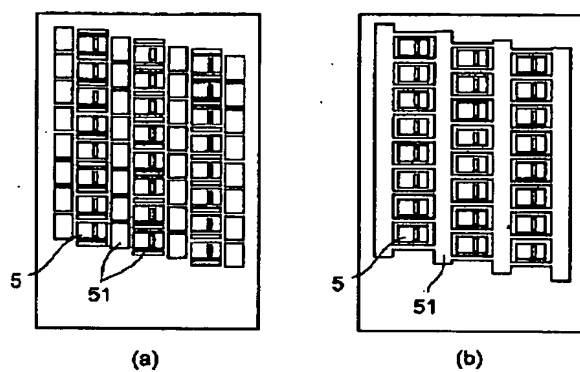
[Drawing 13]



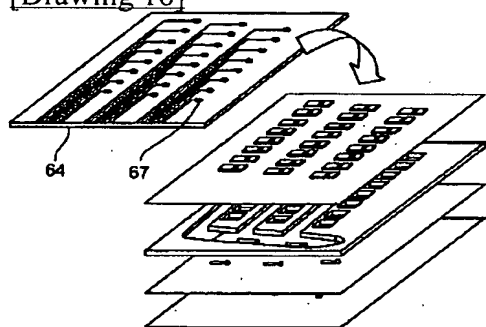
[Drawing 14]



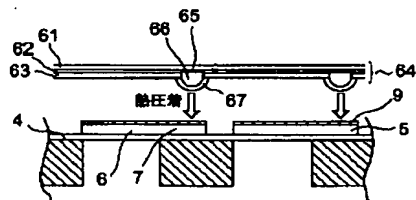
[Drawing 15]



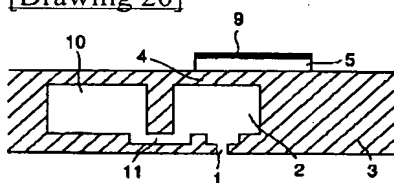
[Drawing 16]



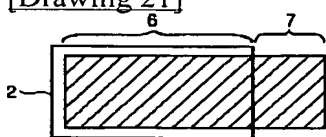
[Drawing 17]



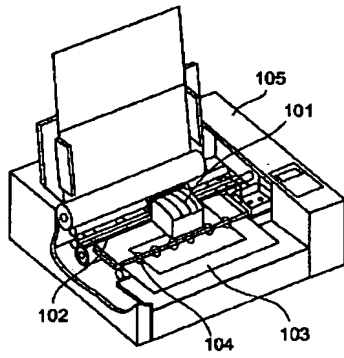
[Drawing 20]



[Drawing 21]



[Drawing 18]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-248765

(P2002-248765A)

(43) 公開日 平成14年9月3日 (2002.9.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J	3/04
	2/055		1 0 3 A
	2/16		2 C 0 5 7
			1 0 3 H

審査請求 有 請求項の数30 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-299781(P2001-299781)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(31) 優先権主張番号 特願2000-385653(P2000-385653)

(32) 優先日 平成12年12月19日 (2000.12.19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496  
富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 中村 洋文  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 奥田 真一  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100079049  
弁理士 中島 淳 (外3名)

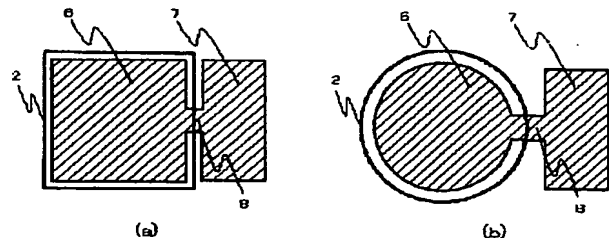
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッドおよびインクジェット式記録装置

## (57) 【要約】

【課題】 アスペクト比が略1に等しい平面形状を有する圧力室を用いることによる高駆動効率のメリットを活かしつつも、電極パッド部による駆動部のたわみ変形拘束を低減して、更に駆動効率の高いインクジェット式記録ヘッドを提供する。

【解決手段】 インク滴を吐出するための複数のノズルと、各ノズルに連通して個々に配設され壁面の少なくとも1面が振動板として形成された圧力室と、振動板にそれぞれ接合されたアクチュエータと、圧力室に供給路を介してインクを供給するインク供給源とを備え、前記圧力室はアスペクト比が略1に等しい平面形状を有し、前記アクチュエータは、圧力室に相当する領域に配設されて駆動信号印加時に振動板とともにたわみ変形する駆動部と、圧力室の側壁に相当する領域に配設され、駆動信号源との電気接続を行う電極パッド部と、前記駆動部と電極パッド部を接続するブリッジ部とを備え、前記ブリッジ部は、前記駆動部への接続領域部における幅寸法が、前記駆動部の接続辺部の幅寸法よりも小さいようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】インク滴を吐出するための複数のノズルと、前記各ノズルに連通して個々に配設され壁面の少なくとも一面が振動板として形成された圧力室と、前記振動板にそれぞれ接合されたアクチュエータと、前記圧力室に供給路を介してインクを供給するインク供給源とを備え、前記アクチュエータが、前記圧力室に相当する領域に配設されて駆動信号印加時に前記振動板とともにたわみ変形する駆動部と、前記圧力室の側壁に相当する領域に配設され、駆動信号源との電気接続を行う電極パッド部と、前記駆動部と前記電極パッド部を接続するブリッジ部とにより構成されてなるインクジェット式記録ヘッドであって、前記圧力室のアスペクト比が略 1 に等しい平面形状を有しており、且つ、前記ブリッジ部は、前記駆動部への接続領域部における幅寸法が、前記駆動部の接続辺部の幅寸法よりも小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2】前記圧力室の平面形状が略円形である請求項 1 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 3】前記圧力室の平面形状が略正多角形である請求項 1 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 4】前記ブリッジ部の、前記駆動部への接続領域部における幅寸法が、前記駆動部の接続辺部の幅寸法の 2 分の 1 以下であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 5】1 つまたは複数の前記ブリッジ部が、前記振動板のたわみ変形の小さい部分近傍に対応する部位において前記駆動部と接続されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 6】前記圧力室の平面形状が略正多角形であり、1 つまたは複数の前記ブリッジ部が、前記駆動部の接続領域部の中心から離れた部位において前記駆動部と接続されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 7】前記圧力室の平面形状が略正多角形であり、1 つまたは複数の前記ブリッジ部が、前記圧力室の平面形状頂点近傍に対応する部位において前記駆動部と接続されていることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 8】前記ブリッジ部の前記駆動部との接続領域部の縁部を曲線に形成したことを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 9】前記駆動部が、前記圧力室に相当する領域のみに配設されていることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 10】請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッドであって、前記圧力室の中心位置と前記駆動部の中心位置との位置ずれ量を  $\delta$ 、前記

駆動部の平面形状の幅を  $W_p$ 、前記圧力室の平面形状の幅を  $W_c$  とすると、 $W_p$  が、 $W_p \leq W_c - 2\delta$  または  $W_c + 2\delta \leq W_p$  の範囲にしたことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 11】前記  $W_p$  が、 $(W_c - 2\delta) \times 0.9 \leq W_p \leq W_c - 2\delta$  の範囲にあることを特徴とする請求項 10 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 12】複数のノズルが 2 次元的に配置されていることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 13】一定間隔で一列に配置された複数のノズルが、複数列配置されていることを特徴とする請求項 12 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 14】インクジェット式記録ヘッドの走査方向に対して略直交する方向に一定間隔で一列に配置された前記ノズルが、略走査方向に N 列配置されており、個々のノズル列は、次列のノズル列が前記一定間隔の  $1/N$  ずつ列方向に順次ずらして配置されていることを特徴とする請求項 13 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 15】前記ノズル列が等間隔に配置されて、各ノズルが平行四辺形格子交点位置となるように配置されていることを特徴とする請求項 14 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 16】信号ラインを含む配線基板が、前記アクチュエータを覆うように配置され、前記電極パッド部と前記配線基板とをバンプを介して電気接続されていることを特徴とする請求項 1～15 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 17】前記バンプが、導電性のコア材と該コア材の外周部に被覆した接合材から構成されていることを特徴とする請求項 16 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 18】前記コア材が、半球状に形成されていることを特徴とする請求項 17 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 19】前記配線基板が、樹脂基材を少なくとも含み構成されていることを特徴とする請求項 16～18 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 20】前記アクチュエータは、前記駆動部が圧電素子でなる圧電アクチュエータである請求項 1～19 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 21】前記圧電アクチュエータがサンドブラスト法を適用して製造されたことを特徴とする請求項 20 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 22】前記圧電アクチュエータが複数配列されてなる圧電アクチュエータ領域を取り囲むように外縁部にダミーパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項 21 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 23】前記圧電アクチュエータ領域の内部において、前記圧電アクチュエータの各々の間にダミーパタ



ーンを形成するようにしたことを特徴とする請求項 2 1 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 4】前記圧電アクチュエータ領域の内部において、前記圧電アクチュエータの各々の間にもダミーパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項 2 2 に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 5】前記圧電アクチュエータとそれに隣接するダミーパターンを隔てる溝の幅を、全て略同一にしたことを特徴とする請求項 2 2～2 4 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 6】前記 Wc 値が 3 0 0～7 0 0  $\mu$ m に設定されていることを特徴とする請求項 1～2 5 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 7】前記圧電アクチュエータの材質がチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスであることを特徴とする請求項 2 0～2 6 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 8】前記圧電アクチュエータの厚さが 1 5～4 0  $\mu$ m に設定されていることを特徴とする請求項 2 0～2 7 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2 9】請求項 1～2 8 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッドを製造する製造方法であって、前記圧電アクチュエータをサンドブラスト法で加工したことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 3 0】請求項 1～2 8 のいずれか 1 項に記載のインクジェット式記録ヘッドを搭載して構成したことを特徴とするインクジェット式記録装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、吐出するインク滴で文字や画像の記録を行うインクジェット式記録ヘッドおよびこれを用いたインクジェット式記録装置に関する。

##### 【0 0 0 2】

【従来の技術】インクジェット式記録ヘッドは、ヘッドを主走査方向に往復移動させ、同時に記録用紙等を主走査方向と直交する副走査方向に移送させながら、複数のノズルから選択的にインク滴を吐出させることで、記録用紙等にインク滴を付着させ、文字や画像を印刷する。図 1 9～2 1 は、従来技術における一般的なインクジェット式記録ヘッドの構成を示す図である。図 1 9 は分解斜視図、図 2 0 は 1 つの圧力室の近傍に関する断面図、また図 2 1 はさらにその主要部（圧電アクチュエータおよび圧力室）の平面透視図である。図 1 9、図 2 0 で示すように、インクジェット式記録ヘッドは、ノズルプレート 2 1、供給路プレート 2 2、圧力室プレート 2 3、及び振動板 4 を順次積層して構成されている。これらのプレート及び振動板によって、インクプール 1 0 から、

供給路 1 1、圧力室 2、及びノズル 1 に至るインク流路が形成されている。

【0 0 0 3】具体的には、ノズルプレート 2 1 にはインク滴が吐出するノズル 1 が複数個一列に貫通・形成されている。供給路プレート 2 2 には圧力室 2 とインクプール 1 0 を連結する供給路 1 1、及び圧力室 2 とノズル 1 を連結する連通孔 1 2 がそれぞれ貫通・形成されている。圧力室プレート 2 3 には単一のインクプール 1 0 及びノズル 1 それぞれに対応した圧力室 2 が貫通・形成されている。振動板 4 には圧力室 2 それぞれに対応して圧電アクチュエータ 5 が導電性接着剤を介して接合されている。各圧電アクチュエータ 5 の両面には電極膜が設けられ、自由面側の電極膜は個別電極 9 として機能する。金属材料からなる振動板 4 は、それぞれの圧電アクチュエータ 5 の共通電極を兼ねている。

【0 0 0 4】図 2 0 図 2 1 に示すように、圧電アクチュエータ 5 は一定幅の板状に形成され、駆動部 6 と電極パッド部 7 とからなる。駆動部 6 は圧力室 2 に対応する領域に位置し、電極パッド部 7 は圧力室の側壁 3 に対応する領域に位置する。

【0 0 0 5】個別電極 9 への外部駆動回路部からの電気接続（図示せず）は電極パッド部 7 において行われる。圧電アクチュエータ 5 の両電極（個別電極 9 と振動板 4）間に駆動信号として電位差を印加すると、圧電アクチュエータ 5 の駆動部 6 と、それに対応する領域の振動板 4 が一体にたわみ変形して圧力室 2 内のインクを圧縮し、ノズル 1 からインク滴が吐出する。なお、たわみ変形量が大きいくほど、吐出するインク滴の体積も大きくすることが可能となる。吐出した後のインクの補充は、インクプール 1 0 から供給路 1 1 を経由して圧力室 2 へ再充填することによって行われる。

【0 0 0 6】このように、圧電アクチュエータ 5 に電極パッド部 7 を設け、個別電極 9 への電気接続を電極パッド部 7 で行うことによる利点は、駆動部 6 に配線を設けなくても良い点である。これにより、配線に起因する駆動時のたわみ変形の拘束や変形量のバラツキ発生を防止できる。また、電気接続を電極パッド部で行うことの他のメリットとして、電極パッド部は圧力室の側壁上に存在することから剛性が高いため、電気接続プロセスでの加圧力が印加されても電極パッド部が破壊することが無い。つまり、押圧たわみによる装置破壊を防止できる。

【0 0 0 7】図 1 9～2 1 で示されるように、従来用いられてきた圧力室の平面形状は、長方形が一般的であった。その理由は、高解像度の印字を実現するためにノズル間のピッチを極力狭く（短辺をより短く）したいという要求と、その解像度の印字に必要なインク滴体積を確保するために、振動板がたわむ面積を極力大きく（長辺をより長く）したいという要求との双方を満たす形状であるからである。圧電アクチュエータは、平面形状長方形である圧力室に合わせて、一定幅の矩形板状に

形成されている。

【0008】このように、従来は平面形状が長方形である圧力室を用いることにより、高解像度のインクジェット式記録ヘッドを簡易な構成で実現している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところが近年では、インクジェット式記録ヘッドには、高速化という要求も高まっている。高速化を実現するためには、ノズル数を増加する方法が有効である。これは、ノズル数が多いほど、単位時間あたりに記録用紙上へ形成できるインク滴（画像のドット）の数が増加するからである。

【0010】しかし、単にノズル数を増加するだけではヘッド全体のサイズも増大してしまい、ヘッド製造コスト増大という問題を招く。従ってノズル数を増加させる際には、一定のヘッド面積内に如何に多くのノズルを配置できるかが重要であり、言い換えるとノズル密度を如何に向上できるか、が主要な課題となる。

【0011】ここで、各ノズル単位の占有平面積は圧力室がそのほとんどを占めている。従って、課題であるノズル密度の向上を実現するには、圧力室の平面積を小さくせざるを得ない。その結果、駆動部のたわみ変形量が低下するため、吐出するインク滴体積が小さくなり、文字や画像の濃度が薄くなってしまっていた。

【0012】つまり、高速化を実現するための本質的な課題をまとめると、圧力室の平面積を小さくしてもたわみ変形量を大きくすること、つまり単位面積あたりの駆動効率を高くすること、であると言える。

【0013】本発明の目的は、単位面積あたりの駆動効率が高いインクジェット式記録ヘッドを実現することにある。また、本発明の他の目的は、圧電アクチュエータの位置ずれが発生した場合でも、駆動効率のばらつきが発生しないインクジェット式記録ヘッドを実現することにある。また、本発明の他の目的は、高精度で信頼性が高く、工程が簡易で低コストであるインクジェット式記録ヘッドを実現することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】そこで本願発明では上記の課題を解決するため、圧力室の平面形状に着目し、まずその解析調査を行った。図4は、四角形の平面形状を有する圧力室に関し、その平面積が同一でアスペクト比（縦横比）が異なる各形状の圧力室を想定し、各々に振動板と圧電アクチュエータを設けて駆動させたときのたわみ変形量を調べた結果である。同図には、圧電アクチュエータのたわみ変形の様子も合わせて掲載した。ここでアスペクト比とは、圧力室の平面形状に関する扁平度を示す指数であり、具体的には、図3に示す各形状ではアスペクト比＝ $B/A$ で定義する。この数値が大きいほど細長い平面形状であることを意味する。例えば正三角形では0.866、正方形では1、正六角形では0.866、真円では1である。なお解析条件は、圧力室平面積：2、

$5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ 、振動板厚さ：10  $\mu\text{m}$ 、同材質：ステンレス鋼 SUS304、圧電アクチュエータ厚さ：30  $\mu\text{m}$ 、同材質：PZT、同形状：圧力室と同一（電極パッドは想定せず）、駆動電圧：30V、である。

【0015】図4に示した結果から、単位面積あたりの駆動効率を高く設定するためには、圧力室のアスペクト比を1にするのが最適であることが分かった。この結果に基づき、より実地的な構造を想定し、圧電アクチュエータに電極パッドを設けた場合について追加解析した。なお、各形状の電極パッド部は、圧力室の平面形状における短辺側に設けた。

【0016】その結果を図5に示す。比較のため、図4の結果も合わせて掲載した。この図から、電極パッドを新たに設けたことによって駆動効率が低下してしまう現象が明らかになった。また、その低下量はアスペクト比に依存し、特にアスペクト比が1に近い構造ほど、その低下量が顕著である。つまり、電極パッドを設けた場合には、アスペクト比を1に近い形状にすることによる固有の問題が出現し、アスペクト比を1に近くするだけでは駆動効率向上の効果は小さく、より一層の効果を得るためには更なる工夫が必要であることが分かった。

【0017】その手段を考えるに先立ち、まずは電極パッド付加による効率低下の原因を調べた。図4と図5から、たわみ変形の様子を電極パッドの有／無で比較観察してみると、駆動部のうち、電極パッド部との接続部において変形が損なわれていることが分かる。このことから、電極パッド付加による効率低下の原因は、駆動部が本来自由にたわむべき変形を電極パッド部が拘束しているためであると考えられる。特にアスペクト比が1に近い構造では、駆動部と電極パッド部とを接続する部分の断面積が大きいので拘束の影響をより大きく受け、その結果効率低下量が顕著であったと考えられる。

【0018】以上の調査結果から、課題である単位面積あたりの駆動効率向上を実現するためには、アスペクト比が1に近い平面形状を有する圧力室を用い、それに加えて、電極パッド部による拘束が少ない構造を如何にして実現するか、が重要なポイントであると言える。

【0019】上記の課題を解決するため本発明では、アクチュエータが、圧力室に相当する領域に配設されて駆動信号印加時に振動板とともにたわみ変形する駆動部と、圧力室の側壁に相当する領域に配設され、駆動信号源との電気接続を行う電極パッド部と、駆動部と電極パッド部を接続するブリッジ部とにより構成されてなるインクジェット式記録ヘッドであって、圧力室のアスペクト比が略1に等しい平面形状を有しており、且つ、ブリッジ部は、駆動部への接続領域部における幅寸法が、駆動部の接続辺部の幅寸法よりも小さくすることを特徴とする。本発明によれば、駆動部がたわみ変形する際の電極パッド部による拘束を低減し、たわみ変形量の低下を防止することができるため、駆動効率の高いインクジェ

ット式記録ヘッドを実現できる。

【0020】また本発明は、ブリッジ部の、駆動部への接続領域部における幅寸法が、駆動部の接続辺部の幅寸法の2分の1以下まで小さくすると好適である。このように、駆動部と電極パッド部との結合面積を非常に小さくすることによって駆動部がたわみ変形する際の電極パッド部による拘束をほとんど解消して、たわみ変形量の低下を防止することができるため、駆動効率の高いインクジェット式記録ヘッドを実現できる。

【0021】また本発明は、1つまたは複数のブリッジ部が、振動板のたわみ変形の小さい部分近傍に対応する部位において駆動部と接続されていることを特徴とする。また、駆動部の接続領域部の中心から離れた位置において駆動部と接続されていることを特徴とする。あるいは、圧力室の頂点近傍に対応する部位において駆動部と接続されていることを特徴とする。これらの位置は元来振動板がほとんど変形しない箇所であるので、その近傍にブリッジを設けて駆動部と接続したとしても、電極パッド部が駆動部のたわみ変形を拘束する影響はほとんど無く、大きなたわみ変形量を得ることが可能となる。またこのような構成とすることによって、ブリッジ部自体の曲げ変形量が小さいため、駆動によるブリッジ部のクラック発生や疲労破壊を防止することが可能となる。

【0022】なお、ブリッジ部の駆動部との接続領域部の縁部が曲線となるよう構成することができる。これによって、製造時や駆動たわみ変形時におけるブリッジ部の接続部分近傍での応力集中を緩和し、アクチュエータの破壊を防止することが可能となる。なお、ブリッジ部と電極パッド部の接続部分についてもその縁部を曲線としても良い。

【0023】また本発明は、圧力室の中心位置と駆動部の中心位置との位置ずれ量を $\delta$ 、駆動部の平面形状の幅を $W_p$ 、圧力室の平面形状の幅を $W_c$ とすると、 $W_p$ が、 $W_p \leq W_c - 2\delta$  または  $W_c + 2\delta \leq W_p$  の範囲となるように構成する。なお $W_c$ 値とは、例えば図3に示す各平面形状についてはAで示される値に相当する。一般に、駆動部のたわみ変形量はその外周部の支持条件に大きな影響を受ける。例えばアクチュエータが圧力室外壁にかからない

(アクチュエータが圧力室より小さい) 構造では回転自由支持となりたわみ変形が大きく得られるが、アクチュエータが圧力室外壁にかかる(アクチュエータが圧力室より大きい) 構造では固定支持となりたわみ変形が小さい。この説明から、製造工程の乱れによる圧電アクチュエータの位置ずれによって駆動部が圧力室外壁にかかる状態とかからない状態のものが混在すると、それらの間ではたわみ変形量の差が大きく、すなわちばらつきが大きくなる。本発明によれば、 $W_p \leq W_c - 2\delta$  を満たしていれば、どの方向に位置ずれしても駆動部が常に圧力室の外壁にかかることが無いため、常に回転自由支持条件を保てる。一方 $W_c + 2\delta \leq W_p$  を満たしていれば、位置ずれ

しても駆動部外周が常に圧力室の外壁にかかったままであるため、常に固定支持条件を保てる。従って何れかの条件を満たしていれば位置ずれに対するたわみ変形量のばらつきが小さく、従って高精度化できる。

【0024】また本発明では、 $W_p$ が、 $(W_c - 2\delta) \times 0.9 \leq W_p \leq W_c - 2\delta$  の範囲であればより好ましい。一般に、同じ回転自由支持条件であっても、 $W_c$ に対して $W_p$ が小さすぎるとたわみ変形面積が小さいのでたわみ変形量が小さくなり、逆に $W_p$ が $W_c$ に近すぎても、支持条件が固定支持に近くなりたわみ変形量が小さくなる。すなわち $W_p$ は $W_c$ に対して最適値が存在する。本発明によれば、 $W_p$ を最適値に設定できるためたわみ変形量を最大にできると同時に、圧電アクチュエータの位置ずれに対するたわみ変形量のばらつきが小さく、高精度化できる。

【0025】また本発明は、複数のノズルが2次的に配置されている。また、一定間隔で一列に配置された複数のノズルが、複数列配置されている。1次的に並べただけでは、ノズル配列ピッチは圧力室の幅より小さくすることができないため、高解像度のインクジェット式記録ヘッドを実現することができない。しかし本発明によれば、ノズル配列ピッチを圧力室の幅よりも小さくすることができ、高解像度のインクジェット式記録ヘッドを実現できる。

【0026】2次的配置では、例えば、インクジェット式記録ヘッドの走査方向に対して略直交する方向に列状に一定間隔で配置されたノズルが、略走査方向にN列配置されており、個々のノズル列は、次列のノズル列が一定間隔の $1/N$ ずつ列方向に順次ずらして配置されている。また、その各ノズル列を等間隔に配置して、各ノズルが平行四辺形格子交点位置となるように配置しても良い。本発明のように配置した場合、ノズルを記録ヘッド走査方向と直交する方向に投影すれば(図14参照)、ノズルを一次的に配置した場合のノズル間隔(ノズル配列ピッチ)に比べて、 $1/N$ の間隔に狭ピッチ化すなわち高解像度化することができる。

【0027】また本発明は、信号ラインを含む配線基板が、2次的にマトリクス配置されたアクチュエータを覆うように配置され、前記電極パッド部と前記配線基板とをバンプを介して電気接続されていることを特徴とする。本発明によれば、各圧電アクチュエータへの信号ラインが各圧電アクチュエータの面外に存在するため、従来アクチュエータ間に設けていた信号ラインスペースが必要無く、高密度に配列することができる。

【0028】また本発明は、バンプが、導電性のコア材と該コア材の外周部に被覆した接合材から構成されていることを特徴とする。本発明によれば、配線基板と圧電アクチュエータ駆動部との間に隙間ができるため、配線基板が駆動部のたわみ変形に影響を与えることがない。また本発明によれば、圧電アクチュエータの駆動による駆動部の発熱が隙間の空気の流れにより冷却される。

【0029】また本発明は、コア材が半球状として形成されていることを特徴とする。本発明によれば、電極パッド部との電氣的、機械的コンタクトを確実に行うことができる。また本発明によれば、電極パッド部とのコンタクト形成プロセスにおける電極パッド部の破損を防止することができる。

【0030】また本発明は、配線基板が、樹脂基材を少なくとも含み構成されていることを特徴とする。本発明によれば、温度変化などによりインクジェット式記録ヘッドに膨張変形や反り変形が発生した場合でも、樹脂基材の配線基板は剛性が低いのでその変形に追従でき、パンプの破損を防止することができる。

【0031】また本発明は、アクチュエータは、駆動部が圧電素子でなる圧電アクチュエータであることを特徴とする。また、圧電アクチュエータの製造方法としてサンドブラスト法（後に詳述）を適用したことを特徴とする。この工程によって、ブリッジ部を複数有する等の複雑な形状の圧電アクチュエータであっても、簡易的かつ短時間で精密に加工を行うことができ、低コストで高密度のインクジェットが実現できる。

【0032】また本発明は、圧電アクチュエータが複数配列されてなる圧電アクチュエータ領域の外周部を取り囲むように、および／または圧電アクチュエータの各々の間にダミーパターンが配設されていることを特徴とする。一般にサンドブラスト法では、サイドエッチングと呼ばれる加工寸法精度が問題となる。これは、サンドブラストで研削せずに残す領域（本発明では、各アクチュエータ）に設けておくフィルムマスク部分において、そのエッジ近傍ではマスクの下にもブラスト砥粒がまわり込んで研削されてしまうことで仕上がり加工寸法がばらついてしまう現象である。そのサイドエッチング量は隣接する加工対象の有無に依存し、より詳しくは隣接する加工対象との間隔に依存する。本発明によれば、圧電アクチュエータ領域の外周にダミーパターンが存在するため、圧電アクチュエータ領域の外周部と内部とではサイドエッチング量の違いが少なくなるため均一な寸法とすることができ、高精度化が可能となる。また本発明によれば、圧電アクチュエータの各々の周囲にもダミーパターンが存在するため、全ての圧電アクチュエータのサイドエッチング量の違いが少なくなるため均一な寸法とすることができ、高精度化が可能となる。

【0033】また本発明は、圧電アクチュエータとそれに隣接するダミーパターンを隔てる溝の幅（離間距離）が全て略同一に設定されていることを特徴とする。本発明によれば、全ての圧電アクチュエータのサイドエッチング量が同一となるため均一な寸法とすることができ、高精度化が可能となる。

【0034】また、本発明のインクジェット式記録装置は、上述したいずれかの本発明のインクジェット式記録ヘッドを搭載して構成されている。

### 【0035】

【発明の実施の形態】以下、具体的な実施の形態を挙げ図面に沿って詳細に説明する。

（第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施の形態におけるインクジェット式記録ヘッドの構成を示す。また図2(a)は、図1における1つの圧電アクチュエータに関する平面透視図である。図2(b)は、同様に用いることができる圧電アクチュエータの別な例を示す平面透視図である。本実施例のインクジェット式記録ヘッドは、圧力室の形状と圧電アクチュエータの形状が異なる点以外は、ほぼ図19に示したものと類似した構成をしている。このインクジェット式記録ヘッドは、インク滴を吐出するノズル1と、各ノズル1に対応して配設され、平面形状が正方形である圧力室2（アスペクト比が略1に等しい平面形状を有する圧力室の代表例）と、各圧力室2にインクを供給するインクプール10と、各圧力室2とインクプール10とを連結する供給路11と、圧力室2の一面を形成している振動板4と、振動板4に接合された圧電アクチュエータ5とからなる。

【0036】圧電アクチュエータ5は、図2(a)に示すように駆動部6、電極パッド部7、及び駆動部6と電極パッド部7を接続するブリッジ部8とからなる。これら駆動部6、電極パッド部7、及びブリッジ部8は後述するように一体に形成される。駆動部6は、圧力室2に相当する領域に配設されて電圧印加時に振動板4とともにたわみ変形する部分である。電極パッド部7は、圧力室の側壁に相当する領域に配設され、駆動信号源との電気接続を行う部分である。駆動部6と電極パッド部7を接続するブリッジ部8は、駆動部への接続領域部における幅寸法が、前記駆動部の接続辺部の幅寸法よりも小さく形成されている。圧電アクチュエータ5の表面には、駆動電圧を印加するための個別電極9が配設されている。なお、振動板4は共通電極の役割も担っている。

【0037】第1の実施の形態のインクジェット式記録ヘッドについて各部の詳細を説明する。本実施の形態において用いられる4種類の流路プレートは全てステンレス鋼（SUS）である。4種類の流路プレートとは、ノズルプレート21、供給路プレート22、圧力室プレート23、及び振動板4を示す。ノズルプレート21は厚さ75 $\mu$ mであり、直径30 $\mu$ mで、ピッチ1.016mmであるノズル1が設けられている。供給路プレート22は厚さ25 $\mu$ mであり、ノズル1に対応する位置に直径100 $\mu$ mの連通孔12が、また圧力室2とインクプール10を連結するように供給路11が、それぞれ設けられている。圧力室プレート23は厚さ150 $\mu$ mであり、平面形状がノズル1に対応する位置を中心とする正方形の圧力室2と、インクプール10とが設けられている。圧力室2の大きさは、所望のインク滴体積を吐出させるために必要な振動板のたわみ変形量に基づいて決定される。本実施の形態においては圧力室2の大きさを

500 $\mu$ m $\times$ 500 $\mu$ mとする。振動板4は厚さ10 $\mu$ mである。なお、以上4種類の流路プレートには、接合位置合わせのためのアライメントマーカ（図示せず）が付与されている。

【0038】圧電アクチュエータ5を形成する圧電材料には、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスからなる材料、あるいは一般的な強誘電体からなる材料が用いられる。また、個別電極9の材料としては、金、銀パラジウム、あるいはその他の導電性を有する金属が用いられる。圧電アクチュエータ5の形状について、駆動部は圧力室に対応する領域と中心が同一である正方形とし、その大きさは460 $\mu$ m $\times$ 460 $\mu$ mとする。従って、駆動部の外周と、圧力室に対応する領域の外周との間には20 $\mu$ mの隙間が存在する。電極パッド部の大きさは、使用時の電気接続に必要な面積として決定される。さらに、駆動部と電極パッド部を連結するブリッジ部は、駆動部と電極パッド部が向かい合う辺の中心に設け、その長さを40 $\mu$ m、幅を100 $\mu$ mとする。

【0039】続いて、本実施の形態の動作について説明する。まず、インクプール10へ接続したインク供給ユニット（図示せず）にインクを充填しておき、インク供給ユニット、インクプール、圧力室の順路によって各圧力室2にインクを充填する。その後、各圧電アクチュエータ5の個別電極9と共通電極（振動板4）との間に駆動電圧を印加すると、圧電アクチュエータ5と振動板4が、その対応する圧力室2の領域でたわみ変形して圧力室内のインクを圧縮する（圧力室内の圧を高める）。そして、各圧力室に対応するノズル1からインク滴が吐出される。

【0040】本実施の形態では、圧力室がアスペクト比が略1に等しい正方形の平面形状を有するようにしているため、従来の長方形のものに比べて駆動効率の面で有利な構造となっている。

【0041】それに加え、圧力室に配設された圧電アクチュエータが、駆動部、電極パッド部、及び駆動部と電極パッド部とを連結するブリッジ部とからなり、駆動部への接続部におけるブリッジ部の幅を駆動部の幅よりも小さくしてある。単にアスペクト比を略1にするのみでは電極パッド部による拘束が大きく、駆動効率向上の本来の効果が充分発揮できないことは上述したが、このようにブリッジ部を設けることによって、駆動部がたわみ変形する際の電極パッド部による拘束を低減できるため、アスペクト比略1による本来の駆動効率向上が達成できる。

【0042】この効果を確認するため、本実施の形態による構造のブリッジ部の幅を変化させて複数試作し、それぞれのたわみ変形量を比較した。その結果を示すのが図7である。横軸はブリッジ部の幅、縦軸はたわみ変形量である。なお、横軸値0 $\mu$ mのヘッドとはブリッジが無い構造であり、この場合の電気接続は、電極パッドと

駆動部とのワイヤボンディングで行った。また横軸値＝460 $\mu$ mのヘッドとは従来構造すなわち駆動部と電極パッド部とが全面でつながっているものである。この結果から、ブリッジを設けることによって、従来構造よりも電極パッド部による拘束が緩和されてたわみ変形量を大きくできること、さらにブリッジ幅を狭くするほどたわみ変形量を大きくできることが確認された。特にブリッジ部の幅が駆動部の幅の半分以下にすることができれば、ブリッジを用いたことによる拘束をほとんど解消し、たわみ変形量の低下を防止する効果が確認できた。

【0043】ちなみに、特開平11-78015号公報には、駆動部と電極パッド部とブリッジ部とを有する圧電アクチュエータを用いたインクジェット式記録ヘッドが開示されているが、同公報では細長い長方形の平面形状を有する圧力室を想定しており、圧力室平面形状（アスペクト比）と駆動効率の関係に関しては記載されていない。また同公報では電極パッド部は圧力室の短辺側に配されているため、元来より電極パッド部が駆動部を拘束する影響は、ほとんど問題とならない。これらに対し本発明は、圧力室平面形状をアスペクト比略1とすることによる駆動効率向上の効果に着目し、かつ、その場合の固有課題となる電極パッド部による拘束の低減を主要課題とした発明である点で、同公報と異なるものである。

【0044】また、本実施の形態では、圧電アクチュエータの加工方法としてサンドブラスト法を用いることにより、複雑な形状のアクチュエータの製造を可能にしている。そこで、本実施の形態の製造方法（サンドブラスト法及びヘッド組み立て方法）について以下に説明する。

【0045】図6に示すように、まず圧電材料ブロック（図示せず）にラップ加工を施し、圧電材料プレート31を作成する。圧電材料プレート31の厚さは、圧電アクチュエータ5に必要なたわみ変形量や駆動電圧を基に決められるが、本実施の形態では30 $\mu$ mとする。この圧電材料プレート31に対し、その両面に電極膜32をスパッタリングする。本実施の形態では、電極材料として金を用いている。続いて、高温時に粘着力がなくなる性質をもった粘着発砲テープ33を介し、スパッタリング済みの圧電材料プレートを固定板34に仮固定する。この固定板には、SU5流路プレートとの接合位置合わせを行うためのアライメントマーカ（図示せず）が付与されている。

【0046】仮固定した圧電材料プレートの上に、感光性を有するフィルムマスク35を貼り付ける。本実施の形態では、厚さ50 $\mu$ mのウレタン系フィルムマスクを使用した。その後、圧電アクチュエータとして残したい部分だけ紫外線（UV）透過するパターンを有する露光マスク36を別途作成し、上記のフィルムマスクに貼り付ける。露光マスク36は、固定板のアライメントマーカ

を基準にしてパタニングされている。この露光マスク36を介してフィルムマスク35で被覆した圧電材料プレートへUV露光を行い、その後エッチングを行う。エッチング液には、UV照射された部分を除去せず、かつ、それ以外の部分を確実に除去できる特性を有するものを選択するが、本実施例では炭酸ナトリウムを用いた。

【0047】以上のプロセスによって、圧電アクチュエータ5として残したい部分のみフィルムマスク35が被覆され、それ以外の部分はフィルムマスク35が除去される。続いてこの構造に対し、サンドブラスト加工を行う。サンドブラスト加工では、フィルムマスク35が除去されて露出した部分の圧電材料は確実に研削除去され、かつ、フィルムマスク35が残った部分の圧電材料には研削が行われないような条件下で行う。サンドブラスト加工後、圧電材料の表面に残ったフィルムマスク35を除去し、洗浄を施す。以上の工程により、両面に電極膜32を有する圧電アクチュエータ5が固定板34の上に粘着発砲テープ33で貼り付けられた構造が得られる。

【0048】続いて、この圧電材料を振動板4に貼り付ける工程を行う。まず、圧電材料に接着剤（図示せず）を塗布する。本実施の形態では振動板4を共通電極として兼用するため、塗布する接着剤には導電性を有する接着剤を用いる。これを塗布後、振動板4と固定板34のアライメントマーカを位置決め基準にして圧電アクチュエータ5と振動板4とを重ね合わせ、1平方センチメートルあたり2kgの加圧を行って200℃で接着剤を硬化させ、接合する。なお加熱時に、圧電材アクチュエータ5と固定板34とを仮固定するために用いた粘着発砲テープ33がその粘着力を失い、容易に剥離される。以上の工程により振動板4を共通電極とし、その上に圧電アクチュエータ5が接着接合され（パタニング）、アクチュエータ5の自由表面側に個別電極9が配されたユニットが得られる。このユニットを、別途接着接合しておいた振動板4以外のSUS流路プレートユニット（ノズルプレート、供給路プレート、及び圧力室プレート）と接着接合することによってインクジェット式記録ヘッドを得ることができる。

【0049】最後に、各圧電アクチュエータ5へ駆動電圧を印加するための電気接続を行う。本実施の形態においては、インクジェット式記録ヘッドの外周にFPCケーブル（図示せず）を貼り付け、その電極端子と各圧電アクチュエータの個別電極9とをワイヤボンディングで接続する。この際に個別電極9にワイヤを落とす部分は、圧電アクチュエータ電極パッド部とする。以上の製造方法により、本実施の形態のインクジェット式記録ヘッドが完成する。

【0050】本実施例で用いたサンドブラスト法によれば、本実施の形態のような複雑形状の圧電アクチュエータであっても、加工を行うことが可能となり、さらに簡

易的かつ短時間で精密に加工を行うことができるため、低コスト化することができる。

【0051】上述した第1の実施の形態では圧力室の平面形状を正方形としているが、これは本発明における圧力室の平面形状を正方形に限定するものではなく、アスペクト比が略1に等しい平面形状を有する圧力室でありさえすれば、多角形や円の平面形状をもつ圧力室に対しても本発明が適用可能である。例えば図2(b)に示すように圧力室の平面形状を円とした場合にも、上述した正方形の場合と全く同様な作用・効果が得られる。なお、このように平面形状が略円形の圧力室と、駆動部が略円形のアクチュエータを用いたものでは、円形駆動部の直径を前記駆動部の接続領域部の幅寸法とみなすものとする。

【0052】（第2の実施の形態）図10は、本実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータ形状と圧力室との対応位置を示す平面透視図である。本実施の形態においては、圧電アクチュエータ駆動部と電極パッド部を連結するブリッジ部が、圧力室の角部（頂点）に対応する部分近傍に2本配されていることのみが、第1の実施の形態の構成と異なる。駆動部と電極パッド部との結合面積を小さく構成した点、及び駆動部、電極パッド部の圧力室に対する位置関係については第1の実施の形態と同様である。

【0053】本実施の形態でも、駆動部への接続部におけるブリッジ部の幅を駆動部の幅よりも小さくすることによって、駆動部がたわみ変形する際の電極パッド部による拘束を低減できることから、駆動効率向上が実現可能となる。

【0054】本実施の形態の効果を検証するために、第1と第2の実施の形態の各々の構造において、駆動部がどのようなたわみ変形をするかを実験的に測定した。図11(a)、(b)は、それぞれの実施の形態における駆動部のたわみ変位量を等高線で示したものである。図示するように、(b)本実施の形態の構造の方が、全体の等高線の数が多く、すなわちより大きなたわみ変形量が得られている。具体的には、最大たわみ変形量は第1の実施例では0.207μmであったが、本実施例では0.213μmであった。この結果から、本実施例の方が、第1の実施例に比べて駆動部のたわみ変形を拘束する影響を小さくでき駆動部のたわみ変形量が更に大きく得られることがわかった。

【0055】本実施の形態の方が大きなたわみ変形量を得られたのは、電極パッド部による駆動部の拘束の程度の差に理由がある。図11を観察し、正方形の一辺の中心付近（第1の実施の形態でのブリッジ部分）と、一辺の両端付近（本実施の形態でのブリッジ部分）とで変位量を比較すると、後者の方が変位量が小さい部分であることが分かる。従って、変位量が元来小さい部分にブリッジを配した本実施例のほうが、電極パッド部を付加し

たことによる拘束の影響が小さく、より駆動効率が高くなったと考えられる。

【0056】また、図11によれば、ブリッジ部における等高線の本数は、本実施の形態の方が第1の実施の形態と比べて少ないことがわかる。これはブリッジ自体の曲げ変形が小さいことを意味しているので、ブリッジ部のクラック発生や疲労破壊を防止することができる。

【0057】以上のように本実施の形態によれば、駆動効率をさらに向上できるとともにブリッジ部に対する信頼性を向上させることが可能となる。

【0058】また、本実施の形態に関する補足調査として、前出の $W_c$ 、 $W_p$ の関係について詳しく調べた。図8は、 $W_c$ を固定し、 $W_p$ を変化させた構造における $(W_p - W_c)/2$ の値を横軸にとり、その各構造において圧電アクチュエータが $\delta$ だけ位置ずれした場合にたわみ変形量がどれだけ変化するかを調べた結果である。なお、この横軸値は駆動部と圧力室外壁との隙間を意味しており、正值の時は駆動部が圧力室外周からはみ出しており、逆に負値の時は圧力室外周の内側に収まっていることを意味している。ここで位置ずれ量 $\delta$ は、実際の製造工程で想定される $20\mu m$ とした。この結果より、 $W_p$ の条件として

「 $(W_p - W_c)/2 \leq -\delta$ または $\delta \leq (W_p - W_c)/2$ 」すなわち「 $W_p \leq W_c - 2\delta$ または $W_c + 2\delta \leq W_p$ 」の領域に設定することにより、ばらつきを小さく抑えられることが分かった。この式の意味するところは、位置ずれが生じても駆動部外周の支持条件を一定に保てることを示している。すなわち、前者では位置ずれが生じて常にも支持条件が回転自由支持であり、一方後者では常に固定支持である。前述のように、たわみ変形量はその支持条件に大きな影響を受けるが、この条件を満たせば位置ずれによる支持条件の変化が発生しないため、ばらつきを小さく抑えることができる。

【0059】さらに図9は、 $W_c$ は一定とし、 $W_p$ を変化させたときのたわみ変形量を示したものである（位置ずれ無しの場合）。この結果から、たわみ変形量を最大化するためには、 $W_p$ の条件として「 $(W_c - 2\delta) \times 0.9 \leq W_p \leq W_c - 2\delta$ 」の領域が望ましいことが判った。この式の意味するところは、駆動部は圧力室外周よりも小さい方がたわみ変形に有利な回転自由支持条件となるが、一方で駆動部が小さすぎると駆動面積が小さくなるのでたわみ変形量が低下することから、 $W_p$ 値には最適な範囲が存在する、ということを示すものである。なお位置ずれ量 $\delta$ は、一般的なアライメント方法を用いた場合、 $10\mu m \sim 30\mu m$ 程度である。この場合、駆動部の幅 $W_p$ は圧力室幅 $W_c$ よりも $20\mu m \sim 60\mu m$ 程度小さく設定するのが最適であると言える。

【0060】本実施の形態によれば、この条件式を満たす構造であるので、圧電アクチュエータの位置ずれに対するたわみ変形量のばらつきが小さいので高精度化でき、また、たわみ変形量自体を最大とすることができ

る。

【0061】また、本実施の形態で示した構造以外にも、例えば圧電アクチュエータを図12(a)～(d)のような構造やそれらを組み合わせた構造とすることもできる。図12(a)～(d)では、ブリッジ部8が振動板のたわみ変形の小さい部分近傍の部位、駆動部の接続領域辺の中心から離れた部位において駆動部6と接続されている。

【0062】図12(a)は、1つのブリッジ部を正方形の平面形状を有する圧力室2の頂点に設けたものである。図12(b)は同様の圧力室2の各接続領域辺の中央部を避けて、4つの頂点のみにブリッジ部が位置するようにしたものである。図12(c)では、同様の圧力室2の各接続領域辺の中央部に相当する部分を抜き取ることによって駆動部6が実質的に圧力室2の領域内のみに存在するようにするとともに頂点にブリッジ部を形成している。図12(d)では、ブリッジ部8の駆動部6との接続領域部および電極パッド部7との接続領域部における緑部を曲線に形成したものである。このような各構造によっても、電極パッド部による駆動部の拘束がより小さくなり、駆動効率を更に向上できる。また、圧電アクチュエータと圧力室との位置ずれが生じた場合であっても、振動板のみがたわむ部分（圧力室に対応する領域のうち、圧電アクチュエータが貼られておらず、振動板が露出している部分）の面積を少なくすることができるため、駆動時のインク内圧によってその部分が逃げ変形して駆動効率がロスしてしまう現象を避けることが可能となる。また、図12(d)のような構造にすることによって、第2の実施の形態の場合と比較して接続部分近傍における応力集中を緩和し、圧電アクチュエータの破壊を防止できる。

【0063】（第3の実施の形態）図13は、本発明の第3の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図を示している。また図14はその平面透視図を示している。本実施例では、図示するように複数の圧力室及び対応するノズル（ノズル単位）を、2次的にマトリクス配置する。なお、ノズル単位の構造は第2の実施例と同様である。

【0064】図13図14に示すように、インクジェット式記録ヘッドの走査方向41に対して略直交する方向に列状に一定間隔で配置された8個のノズルが、略走査方向に3列配置されており、個々のノズル列は、次列のノズル列が前記一定間隔の1/3ずつ列方向に順次ずらして配置されている。

【0065】この配列では、ノズルをヘッド走査方向に投影すればノズルピッチが前記一定間隔の1/3という狭ピッチ42で一列に並んでいることになり、擬似的な高解像度のヘッドが実現できる。なお印刷を行う際には、ヘッドを走査方向に動かしながら、各列ごとにインク滴を吐出させるタイミングをコントロールすることに



より、実質的に一列のヘッドと同一の印刷を行うことができる。

【0066】本実施の形態により、アスペクト比が略1の幅広の圧力室を用いても、その幅より狭いピッチ（高解像度）のノズル配列を擬似的に実現できる。すなわち、高駆動効率かつ高解像度のインクジェット記録ヘッドが実現可能となる。なお本実施の形態ではノズル配列を8×3のマトリクス配列とした場合についてのみ記述したが、それ以外にも26×10のマトリクス配列を3ユニット並べた780ノズルのヘッドも作成したが、同様の効果を得ることができた。これ以外にも、所望のノズル数やヘッド外形寸法に対し、様々な配列を選択することができる。

【0067】（第4の実施の形態）図15(a)および(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータの平面図を示している。図示するように、圧電アクチュエータ5の各々とその配列は第3の実施の形態と同一であるが、圧電アクチュエータが複数配列されてなる圧電アクチュエータ領域の外周部と、圧電アクチュエータの各々の間にダミーパターン51が配設されている。本実施の形態では、圧電アクチュエータの各々とダミーパターンを隔てる溝の幅を全て80μmとした。その他の構造は第3の実施の形態と同様である。

【0068】前述したように、サンドブラスト加工では隣接する加工対象との間隔に依存してサイドエッチング量が異なり、仕上がり加工寸法が異なる。しかし本発明によれば、全ての圧電アクチュエータはサイドエッチング量を均一にすることができるため、加工精度を向上させることができる。

【0069】本実施の形態の効果を確認するため、第3の実施の形態と本実施の形態との間で、サンドブラスト加工による各圧電アクチュエータの寸法精度を確認した。その結果、第3の実施の形態（ダミーパターン無し）では±20μmの寸法精度ばらつきが発生していたのに対し、ダミーパターンを配設した本実施例では±5μmの寸法精度ばらつきに向上でき、本発明による効果が確認された。

【0070】（第5の実施の形態）図16は、本発明の第5の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの電気接続方法を示す斜視図、図17は隣接する2つの圧電アクチュエータに着目した断面図である。

【0071】厚さ25μmのポリイミド製ベースフィルム61、銅製の信号ライン62、厚さ12.5μmのポリイミド製カバー層63の3層からなるフレキシブルプリント配線基板64上の個別信号用電極65は、圧電アクチュエータの電極パッドに対応した配置となっている。この個別信号用電極に、銅からなるコア66の表面へ電解メッキ法でハンダ67を形成したバンプを、加熱処理で形成しておく。

【0072】各圧電アクチュエータの電極パッド部と、フレキシブルプリント配線基板のバンプとを互いに対向させ、加熱加圧処理を行って接合する。本実施の形態では、温度230℃、圧力100MPaをそれぞれステップ状に10秒間印加する条件で、電気的、機械的に接合する。

【0073】本実施の形態によれば、駆動部には電気接続部が存在しない構成にできるので、電気接続部によるたわみ拘束を排除し、駆動効率を高くすることができる。同時に、電気接続の製造誤差（接合面積や位置等）によるたわみ変形のばらつき発生を排除することが可能となる。また、電極パッド部は、剛性の高い圧力室の側壁部上に配置されているため、電気接続プロセスにおける電極パッド部への押圧による破壊を防止でき、かつ確実に接続することが可能である。従って、高効率で高精度、高信頼性のインクジェット式記録ヘッドを実現できる。

【0074】本実施の形態では、各圧電アクチュエータへの信号ラインが各圧電アクチュエータの面外に存在するため、信号ラインをアクチュエータ間に敷設する必要がなく、高密度配列のインクジェット式記録ヘッドに対応した電気接続を行うことができる。

【0075】また本実施の形態では、バンプが半球状に形成されているため、圧電アクチュエータの電極パッド部と接続する際の電気的、機械的コンタクトを確実に行うことができ、かつ接触時の電極パッド破損を防止することができる。本実施の形態で接続された各圧電アクチュエータの電気接続検査を行ったところ、全てのアクチュエータが正常に接続され、かつ圧電アクチュエータの破損も発生していないことが確認された。

【0076】また本実施の形態では、バンプにコア材が入っているため配線基板と圧電アクチュエータ駆動部との間に隙間をあけることができるため、駆動部のたわみ変形に影響を与えることがなく、かつ隙間を流れる空気により駆動時の発熱を冷却することが可能となる。実際に各圧電アクチュエータに駆動電圧波形を入力したところ、全てのアクチュエータが正常にたわみ変形することを確認した。また、長時間の連続駆動（18kHzの24時間）を行っても発熱による特性劣化が生じることなく、安定した駆動動作を得ることができた。

【0077】また本実施の形態では、配線基板がポリイミドからなるため、温度変化などによりヘッドの熱膨張や反りが発生しても配線基板がその変形に追従するため、バンプ破損の防止が可能となる。実際にヘッドに-20℃から+40℃の間で繰り返し温度変化を100サイクル与えた後に電気検査を行ったが、不良発生は皆無であった。

【0078】また、各実施の形態のインクジェット式記録ヘッドを、図18に一部破断斜視図で示すインクジェット式記録装置に搭載し、紙面上に印刷を行った。この記録装置は、ヘッドとそれにインクを供給するインクタ



ンクから構成されるキャリッジ101と、キャリッジを往復運動させるタイミングベルト102と、印字する紙103を動かすローラ104と、筐体105とからなる。印刷する際には、キャリッジを主走査方向に往復運動させ、同時に紙を主走査方向と直交する副走査方向に移送させながら、ヘッドの複数のノズルから選択的にインク滴を吐出させることで、紙面上にインク滴を付着させ、文字や画像を印刷する。

【0079】以上第1から第5の実施の形態の説明では、アクチュエータとして圧電アクチュエータを用いた例を示したが、他の駆動方式であってもよい。例えば、圧電アクチュエータの代わりに、振動板と熱膨張率の異なる部材を用い、駆動信号として加熱を与えることで熱膨張差によるたわみ変形を用いることもできる。更には、振動板には何も接合せず、振動板と対向して形成した電極面に電圧を印加し、静電力で発生するたわみ変形を用いることもできる。

【0080】その他の部分については、本発明の技術範囲において種々の変形が可能であることは言うまでもないが、より好適な例は、 $W_c$ 値が300~700 $\mu\text{m}$ であり、アクチュエータの材質がチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスであり、アクチュエータの厚さが15~40 $\mu\text{m}$ の構造である。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、圧力室の平面形状のアスペクト比が略1に等しいことにより、従来に比べて大きなたわみ変形量を得ることができ、駆動効率の高いインクジェット式記録ヘッド、インクジェット式記録装置を実現することができる。

【0082】また、既述したとき構成によりアクチュエータのブリッジ部と駆動部との接続部分で断面積を小さくすることで、駆動部がたわみ変形する際の電極パッド部による拘束を低減し、たわみ変形量をより大きく得ることができ、駆動効率の更に高いインクジェット式記録ヘッドが実現可能となる。

【0083】また、本発明によれば、アクチュエータの駆動部が圧力室に対して所定位置から多少ずれても駆動部外周の支持条件が変わらないため、たわみ変形量のバラツキが発生せず、高精度のインクジェット式記録ヘッドが実現可能となる。さらに、本発明によれば、ブリッジ部自身の曲げ変形が小さいため、アクチュエータの破壊を防止し、信頼性の高いインクジェット式記録ヘッドが実現可能となる。ブリッジ部の断面積を小さく保った状態で、その形状に工夫することによっても、アクチュエータの破壊を防止して信頼性を向上させることができる。加えて、本発明によるインクジェット式記録ヘッドのアクチュエータは、サンドブラスト法によって形成されるため、複雑な形状のアクチュエータであっても、簡易的かつ短時間で精密に加工を行うことができ、低コストで高密度のインクジェット式記録ヘッドが実現でき

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図2】(a), (b) は、本発明の第1の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータおよび圧力室の平面透視図である。

【図3】各種平面形状におけるアスペクト比の定義を説明する図である。

10 【図4】同一面積でアスペクト比が異なるヘッド構造において、圧電アクチュエータに電極パッドが存在しない場合のたわみ変形の解析結果の説明図である。

【図5】図4において、圧電アクチュエータに電極パッドが存在する場合のたわみ変形の解析結果を追加した説明図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る圧電アクチュエータの製造方法の説明図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る構造および、ブリッジ部の幅が異なる複数のインクジェット式記録ヘッド構造のたわみ変形量を示すグラフである。

20 【図8】圧力室の平面形状の幅一定で、駆動部の平面形状における幅を $W_p$ を変化させたときの $(W_p - W_c)/2$ の値に対する駆動時のたわみ変形量のばらつきを示すグラフである。

【図9】圧力室の平面形状の幅一定で、駆動部の平面形状における幅を $W_p$ を変化させたときの $(W_p - W_c)/2$ の値に対する駆動時のたわみ変形量を示すグラフである。

30 【図10】本発明の第2の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータおよび圧力室の平面透視図である。

【図11】本発明の第1の実施の形態と第2の実施の形態に係る駆動部及びブリッジ部のたわみ変形等高線を示す説明図である。

【図12】(a), (b), (c), (d) は、それぞれ本発明の第2の実施の形態に係る圧電アクチュエータの形状を表した図である。

【図13】本発明の第3の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

40 【図14】本発明の第3の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの平面透視図である。

【図15】(a), (b) は、本発明の第4の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータの平面図である。

【図16】本発明の第5の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの電気接続方法を示す斜視図である。

【図17】本発明の第5の実施の形態において、隣接する2つの圧電アクチュエータに着目した断面図である。

50 【図18】本発明のインクジェット式記録ヘッドを搭載したインクジェット式記録装置の一例を示す一部破断斜視図である。

【図19】従来のインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図20】従来のインクジェット式記録ヘッドにおける圧力室近傍の断面図である。

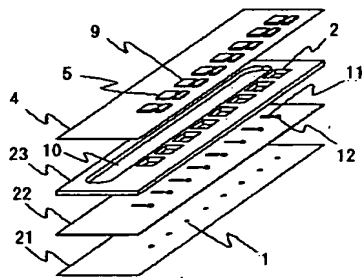
【図21】従来のインクジェット式記録ヘッドの圧電アクチュエータおよび圧力室の平面透視図である。

【符号の説明】

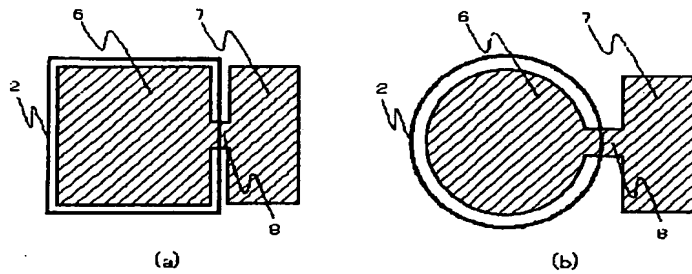
- 1 ノズル
- 2 圧力室
- 3 圧力室の側壁（外壁）
- 4 振動板
- 5 圧電アクチュエータ（板状駆動体）
- 6 駆動部
- 7 電極パッド部
- 8 ブリッジ部
- 9 個別電極
- 10 インクプール
- 11 供給路
- 12 連通孔

- 21 ノズルプレート
- 22 供給路プレート
- 23 圧力室プレート
- 31 圧電材料プレート
- 32 電極膜
- 33 粘着発砲テープ
- 34 固定板
- 35 フィルムマスク
- 36 露光マスク
- 41 走査方向
- 42 印字ピッチ
- 51 ダミーパターン
- 61 ポリイミド製ベースフィルム
- 62 銅製の信号ライン
- 63 ポリイミド製カバー層
- 64 フレキシブルプリント配線基板
- 65 個別信号用電極
- 66 コア
- 67 ハンダ

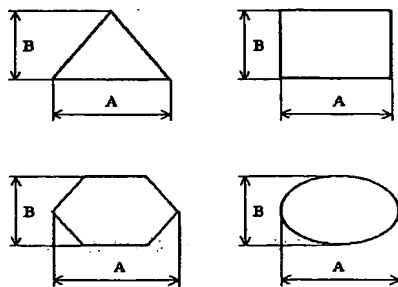
【図1】



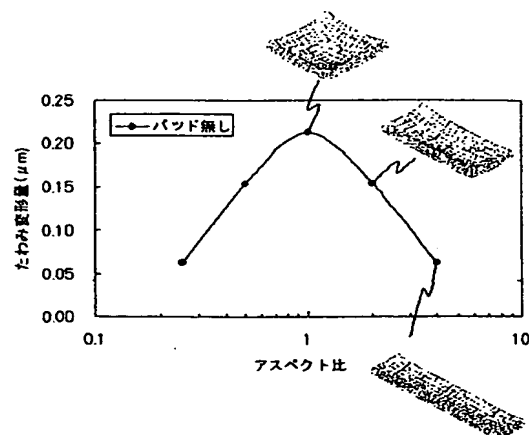
【図2】



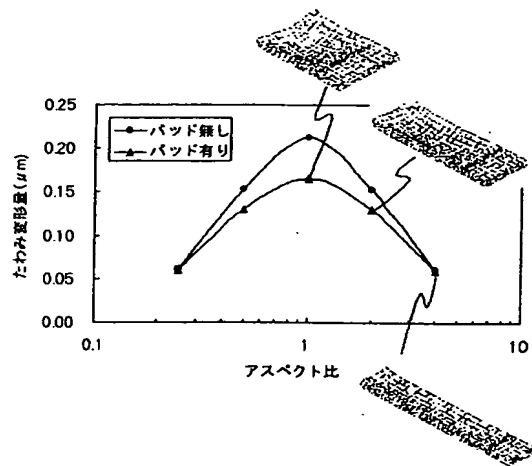
【図3】



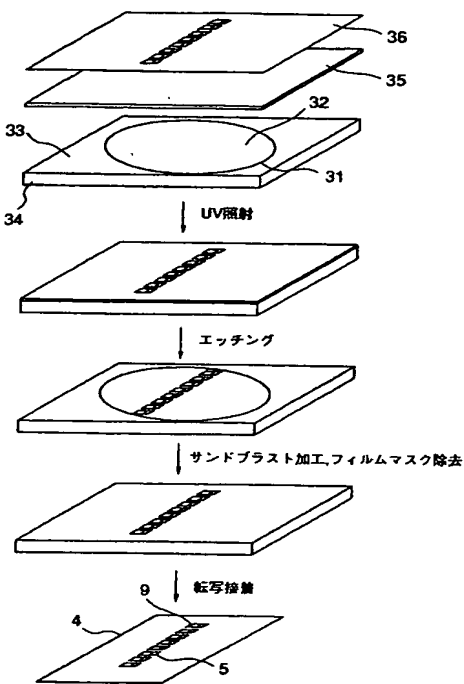
【図4】



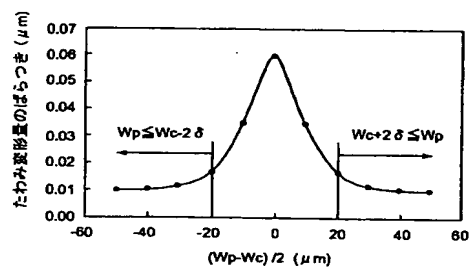
【図5】



【図6】



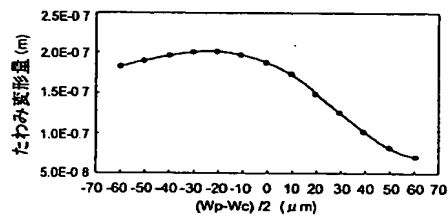
【図8】



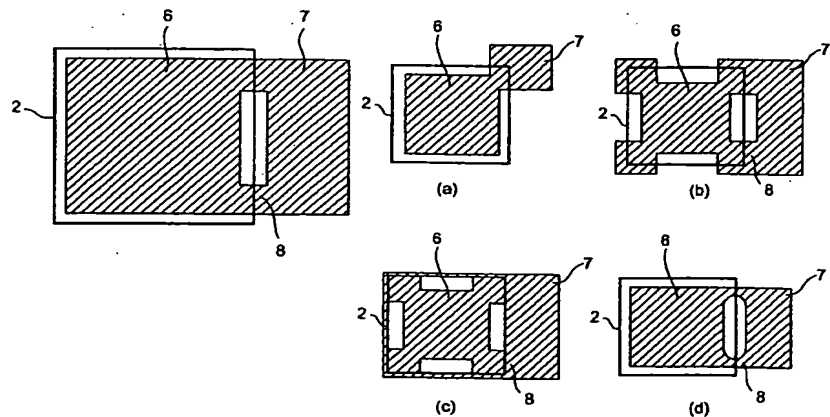
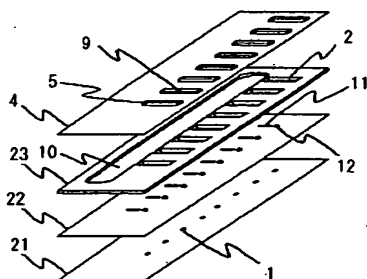
【図10】

【図12】

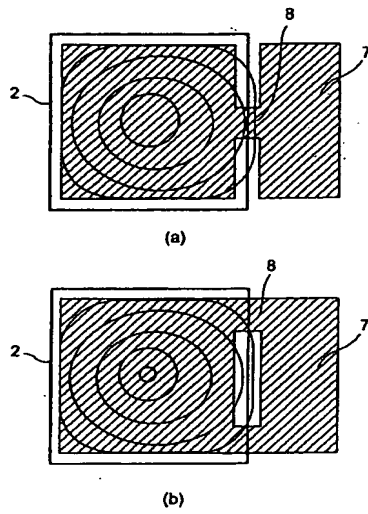
【図9】



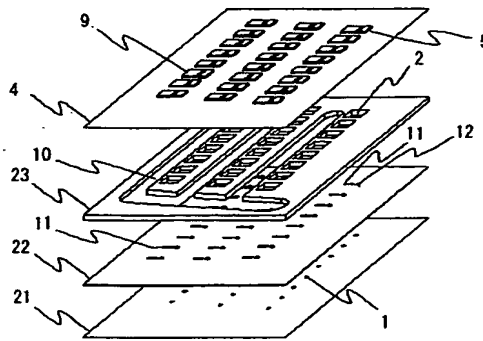
【図19】



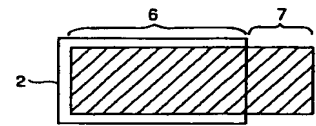
【図11】



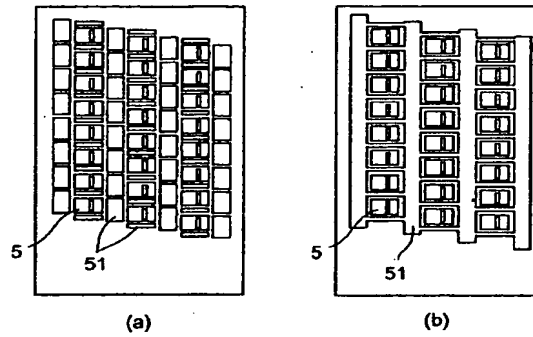
【図13】



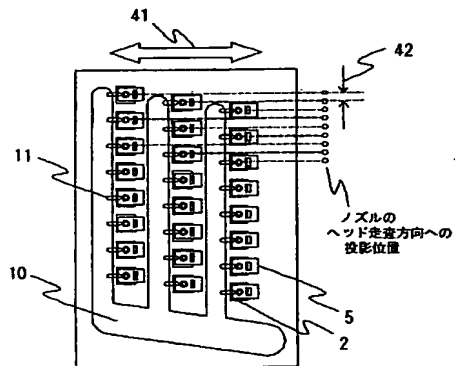
【図21】



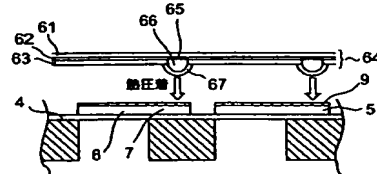
【図15】



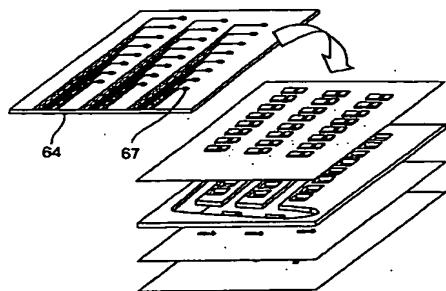
【図14】



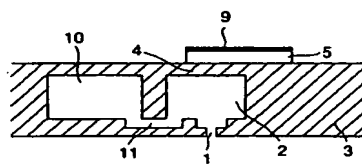
【図17】



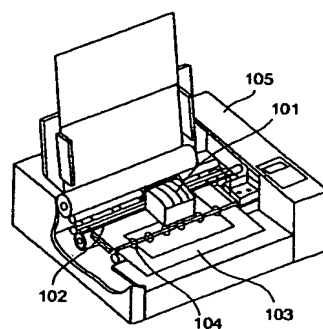
【図16】



【図20】



【図18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大塚 泰弘  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

Fターム(参考) 2C057 AF51 AF93 AG15 AG16 AG32  
AG44 AG59 AG85 AG90 AG91  
AP22 AP25 AP27 AP52 BA03  
BA14